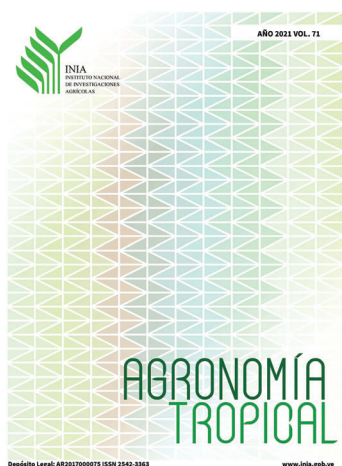




INIA
INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES
AGRÍCOLAS

AÑO 2021 VOL. 71

AGRONOMÍA TROPICAL



ISSN versión digital: 2542-3363
 Depósito Legal: AR2017000075
 ISSN versión impresa: 0002-192X
 Depósito Legal: pp 195102AR73
 agronomia.tropical.inia@gmail.com
 +58 243-2404766

Agronomía Tropical publica trabajos en las siguientes áreas temáticas: recursos fitogenéticos, fitomejoramiento, protección vegetal, bioecología, botánica, edafología, fertilidad de suelos, nutrición, recursos naturales, ambiente, agroecología, biotecnología agrícola vegetal, tecnología de alimentos, ingeniería agrícola, postcosecha, agroindustria, cadenas agroalimentarias, sistemas de producción agrícola vegetal, economía agrícola, desarrollo rural, agroforestería, investigaciones básicas y aplicadas en agroecosistemas de cultivos y demás temas afines al desarrollo agrícola.

Agronomía Tropical se publica en volumen continuo a partir del año 2020.

Comité Editorial

Ligia Carolina Rosales	Editora Jefe
Oralys León-Brito	Editora Asistente

Editores Asociados

Ezequiel Rangel	INIA - Venezuela
Ramón Silva-Acuña	INIA - Venezuela
Rafael Montilla	INIA - Venezuela
Renny Barrios	INIA - Venezuela
Edgloris Marys	IVIC - Venezuela
Eduardo Delgado	INIA - Venezuela. UNELLEZ

Gestión WEB

Oscar De La Rosa	INIA - Venezuela
Carlos Landaeta	INIA - Venezuela

Consejo Científico Asesor

Ada Maureen Medina	UCV - Venezuela
Ana María Casassa	LUZ - Venezuela
Barlin Olivares	UCO - España
Belkis Peteira	CENSA - Cuba
Carlos Hidalgo	INIA - Venezuela
Hipólito Pérez Iglesias	UTM - Ecuador
Iselen Trujillo	UNESR - Venezuela
Julia Elena Sanoja	UPEL - Venezuela
Julia Gilabert de Brito	INIA - Venezuela
María Elena Sanabria	UCLA - Venezuela
Samuel Córdova Sánchez	UPCh - México

INDIZACIÓN

IICA - CIDIA (Costa Rica)
 Royal Tropic Institute (Holanda)
 AGRIS (FAO, Roma)
 LATINDEX (México)
 Índice de Revistas (México)
 REVENCYT (Venezuela)
 Base de Datos REVIS (CATIE, Costa Rica)
 Base de Datos RISPAL (CATIE, Costa Rica)
 Base Agrícola Venezolana (INIA, Venezuela)
 Scielo (Venezuela)
 HINARI (FAO, Italia)

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS

Giomar Blanco	Presidente
Deisy Carvajal	Gerente General
Rumairinn Vega	Gerente de Investigación
Doris Blanco	Gerente de Producción Social
Nicolas García	Gerente de Participación y Desarrollo Comunitario

Diseño Portada

Carlos Ramos Gómez
Diagramación
 Oscar De La Rosa
 Renny Barrios

Editada por la Gerencia de Investigación
 Área de Gestión de la Información
 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

AGRONOMÍA TROPICAL

**Revista científica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras
Maracay, Venezuela**

EDITORIAL

Ciencia abierta y publicaciones científicas

El constante aumento del uso del internet, ha permitido que en los últimos años se incremente vertiginosamente el acceso al conocimiento científico. Revistas científicas que anteriormente solo estaban disponibles en su versión impresa, ahora se pueden consultar en línea, inclusive los primeros números de muchos años atrás. Sin embargo, no todas las publicaciones tienen esta posibilidad de consulta, ya que algunas de ellas mantienen un cobro para acceder a los artículos en sus versiones completas. Esta práctica contraviene el movimiento mundial que enmarca la denominada ciencia abierta, que para el caso de las revistas científicas permite el acceso ilimitado a los artículos publicados.

Para colocar en contexto esta situación, se presentan algunos aspectos importantes que deben ser motivo de reflexión de nuestros lectores. Vidal *et al.* (2018) señalan que la “ciencia abierta” corresponde a la evolución hacia una ciencia más efectiva, accesible, transparente, interdisciplinaria y democrática en la medida que públicos más diversos participan y se ven beneficiados, todo esto posibilitado por las tecnologías de la información y las comunicaciones. Incluye una serie de componentes que le dan su connotación de apertura, como es la investigación abierta y reproducible, la evaluación por pares abierta, el acceso abierto a publicaciones y los datos abiertos, en particular de aquellos que se derivan de procesos financiados con recursos públicos y la investigación abierta

Complementario a lo antes expuesto, el “acceso abierto” se refiere a la disponibilidad gratuita en la internet pública, que permite a cualquier usuario leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o añadir un enlace al texto completo de esos artículos, rastrearlos para su indización, incorporarlos como datos en un software, o utilizarlos para cualquier otro propósito que sea legal, sin barreras financieras, legales o técnicas, aparte de las que son inseparables del acceso mismo a la Internet. La única limitación en cuanto a reproducción y distribución, es dar a los autores el control sobre la integridad de sus trabajos y el derecho a ser adecuadamente reconocidos y citados (BOAI 2012).

En nuestra región, algunos países han implementado acciones para avanzar en este sentido. La ciencia abierta implica un cambio de paradigma que está afectando los modos de producir, difundir, evaluar y comunicar la ciencia en el mundo. Es de esperar que progresivamente más actores de América Latina (gobiernos, académicos, organizaciones de la sociedad civil, editores, bibliotecarios y otros) tomen la iniciativa para promover los cambios institucionales y culturales que presten atención y valoren las prácticas de ciencia abierta y colaborativa, que ya se están promoviendo en la región en aras de lograr una sociedad más inclusiva (De Filippo y D’Onofrio 2019).

EDITORIAL

La adopción de los lineamientos que responden a la ciencia abierta, permite ampliar el alcance de una publicación y hacer que este producto editorial sea conocido en el mundo. El principal reto de una revista científica además de la calidad misma de sus publicaciones, es aumentar la visibilidad de sus artículos. De nada sirve cuidar al máximo todos los detalles previos de la publicación de un artículo, si luego el mismo no puede estar a la disposición de una gran audiencia. La gran ventaja en el aumento de su visibilidad y la posibilidad de preservación digital a largo plazo, inciden directamente en un aumento de la citación de los artículos.

De igual manera, otro aspecto interesante relacionado, es la mejora potencial que puede tener el perfil de un autor que se incluya diligentemente en los ecosistemas digitales relacionados a la ciencia abierta. En este caso la identidad digital de un investigador es el reflejo de sus perfiles digitales en dicho ecosistema y otorgan visibilidad a su producción científica. Por tanto, tener una identidad digital como investigadores, por ejemplo el código ORCID, es un acto de transparencia y rendición de cuentas con la sociedad (García-Peñalvo *et al.* 2020).

Estos temas se encuentran en constante evolución y enriquecimiento, por lo que se debe estar atento a las novedades que con seguridad surgirán al respecto. Es un área dinámica de constante transformación y requiere de una actualización permanente de todos los involucrados en la gestión editorial. En este sentido, Agronomía Tropical se adapta con paso firme a las mejoras que se pueden obtener para plegarse a esta corriente mundial que beneficia autores y lectores.

Ligia Carolina Rosales A. 

BOAI (Budapest Open Acces Initiative, Hungría). 2012. Diez años desde la Budapest Open Access Initiative: hacia lo abierto por defecto (en línea). Disponible en <https://bit.ly/3cyvzgi>

De Filippo, D; D ´Onofrio, MG. 2019. Alcances y limitaciones de la ciencia abierta en Latinoamérica: Análisis de las políticas públicas y publicaciones científicas de la región (en línea). Hipertext.net (19):32-48. Consultado 24 feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/f33h>

García-Peñalvo, FJ; Fidalgo-Blanco, A; Sein-Echaluc, ML; Tricas G, F. 2020. La Presencia del Investigador en el Ecosistema Digital de la Ciencia Abierta. 5 Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2019) (en línea). P. 498-503. Consultado 24 feb.2021. Disponible en <https://doi.org/f33g>

Vidal Ledo, MJ; Zayas M, R; Alfonso S, I. 2018. Ciencia Abierta. Educación Médica Superior 32(4):303-317. Consultado 20 feb. 2021. Disponible en <https://bit.ly/39qiOTE>

Citrus huanglongbing in Venezuela: partial distribution and the relative incidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in central-northern states

Edgloris Marys^{1*} , Rafael Mejías² , Eduardo Rodríguez-Román¹ , Alexander Mejías¹ ,
Maily Mago² 

¹Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Laboratorio de Biotecnología y Virología Vegetal, Centro de Microbiología y Biología Celular. Caracas, Venezuela. ²Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Agronomía (FAGRO). Maracay, Aragua, Venezuela. Correo electrónico: edgloris@gmail.com

ABSTRACT

Huanglongbing (HLB), is the most devastating citrus disease in the world. Two of the three known HLB-associated (*Candidatus Liberibacter* spp.) species are present in the Americas. Among them, '*Ca. L. asiaticus*' (CLas) was detected in Venezuela in 2017, although early characteristic HLB symptoms such as yellow shoots were first noticed in 2016. In this study, plant material from suspect citrus and from known HLB hosts, were collected in 17 municipalities in the states of Aragua, Carabobo, Yaracuy and Portuguesa (Venezuela) between August and November 2017, to determine CLas relative incidence and host range. Samples were then evaluated by PCR, using primers targeting the β -operon locus of ribosomal proteins. Out of 113 HLB-symptomatic citrus plants, 87 (76.9 %) were positive for CLas. *Citrofortunella microcarpa*, *Swinglea glutinosa*, and *Murraya paniculata* known host plants of the vector, the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, were also found infected in all regions analyzed. Further spread of the pathogen is expected, given the nationwide distribution and abundance of the vector. Given the HLB-infection rates found in this study, additional surveys in eastern and western states are recommended to evaluate the spread and severity of the disease which will greatly assist the design of efficient management strategies based on research data.

Keywords: Citrus greening, detection, distribution, HLB, PCR, Venezuela.

El huanglongbing de los cítricos en Venezuela: distribución parcial e incidencia relativa de *Candidatus liberibacter asiaticus* en la región centro-norte

RESUMEN

El "Huanglongbing" (HLB) es actualmente la enfermedad más devastadora de los cítricos. Dos de las tres especies de bacterias que se asocian al HLB (*Candidatus Liberibacter* spp.), han sido encontradas en las Américas. En Venezuela, la especie '*Ca. L. asiaticus*' (CLas) fue detectada en 2017, aunque los síntomas tempranos característicos asociados a la enfermedad, tales como brotes amarillos fueron notificados por productores en varias regiones del país desde el año 2016. En este estudio, se colectó material vegetal proveniente de árboles de cítricos, así como de hospederos conocidos del HLB, en 17 municipios de los estados Aragua, Carabobo, Yaracuy y Portuguesa (Venezuela) entre Agosto y Noviembre de 2017, con el objetivo de determinar la incidencia relativa y el rango de hospederos de CLas en la región central del país. Las muestras fueron evaluadas mediante PCR, utilizando cebadores para amplificar la región del locus de las proteínas ribosomales en el operón- β de la bacteria. De un total de 113 plantas de cítricos sintomáticas, 87 (76.9 %) resultaron positivas para CLas. Adicionalmente, se encontraron plantas de *Citrofortunella microcarpa*, *Murraya paniculata* y *Swinglea glutinosa* (hospederos del vector del HLB, el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama) infectadas con CLas en todos los estados incluidos en el estudio. Dado el porcentaje de infección que revela esta investigación, se recomienda realizar muestreos en los estados orientales y occidentales, a fin de conocer la diseminación e incidencia de la enfermedad en Venezuela y formular estrategias eficientes de manejo y control basadas en evidencia científica.

Palabras clave: enverdecimiento de los cítricos, detección, distribución, HLB, PCR, Venezuela.

Received: 14/02/2021 - Approved: 22/03/2021

INTRODUCTION

Huanglongbing (ex-greening, HLB) is currently the most economically damaging disease of citrus trees and is distributed in more than 40 countries, causing important economic losses (Li *et al.* 2020, Singerman and Rogers 2020). The disease is associated with three nonculturable and phloem restricted alpha proteobacteria species: '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' (CLas), '*Ca. Liberibacter americanus*' (CLam) and '*Ca. Liberibacter africanus*' (CLaf) (Jagoueix *et al.* 1994, Teixeira *et al.* 2005, Bové 2006). CLas and CLam are transmitted by the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), and CLaf is transmitted by the African citrus psyllid *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae) (Bové 2006). CLam and CLas are found in South America, being CLas the predominant species (Lópes *et al.* 2009).

HLB infection causes phloem damage, plugging of sieve pores, and interference with sucrose transport, resulting in starch accumulation (Kim *et al.* 2009). Subsequently, this accumulation blocks nutrient transport and alters the metabolism of carbohydrates, further causing starvation of sink tissues (Cimò *et al.* 2013) resulting in phenotypic changes in trees, such as deterioration of the root system and various nutrient deficiency symptoms including blotchy chlorosis and mottling of leaves; yellowing of shoots; vein corking; lopsided, half green bitter fruits; aborted seeds and finally, dead (Bové 2006, da Graça *et al.* 2016). Symptom expression is dependent on the age and nutritional status of the infected tree (Shen *et al.* 2013).

Worldwide, citrus severe losses have been caused by pre-harvest fruit drop, reduced fruit quality, and tree dead (Munir *et al.* 2017, Fu *et al.* 2019). The disease has no cure, and no resistant germplasm has been found. By 2014, HLB was estimated to have reduced the statewide sweet orange crop by 100 million boxes per year (4 million metric tons) in Florida, USA (Spreen *et al.* 2014). Besides, production costs have increased due to aggressive insecticide and fertilizer applications (Tansey *et al.* 2017).

Citrus production in Venezuela had remained constant for decades, with a harvested area of 30,000-45,000 ha for annual production up to 500,000 tons per year (Fermín *et al.* 2009). Citrus production provides

a source of income for farmers, as well as a ready source of vitamins for home-consumption.

The main producing areas comprise the states of Carabobo, Yaracuy, Aragua, and Miranda in the central region of the country; Monagas and Sucre in the east, and Táchira and Zulia in the west (Moreno *et al.* 2006). In terms of production, the most important citrus varieties are oranges (60.05 %), mainly destined for the internal market, with an increasing demand for industrial processing (Aular and Casares 2011). However, production has been on the decline from 2016 to the present, fallen by more than 90 % (FEDEAGRO 2020).

Several biotic and abiotic factors have been responsible for the decreasing yields with pests and diseases among the most important (reviewed in Morales *et al.* 2020), raising concerns of the negative impact of the decline on food security and the local economy. It is no coincidence that the major decline since 2016 corresponds with the first reports of early HLB-like symptoms such as leaf yellowing and yellow shoots in trees, alerted by citrus producer organizations and issued by researchers working at Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) to the respective phytosanitary authorities (Morales and Schmidt 2016). It is worth mentioning that researchers from INIA-CENIAP also reported the presence of the Asian citrus psyllid *D. citri* in 1999 on citrus farms in the northwestern state of Falcón (Cermelli *et al.* 2000). It was later determined that the insect was widespread in the country with high infestation rates (Velázquez 2007). This threat was further worsened due to the closeness of countries where the insect vector and the HLB disease have been detected (Colombia and Brazil), putting Venezuela at high phytosanitary risk.

Because of recurrent complaints from producers facing heavy citrus crop losses in recent years, the Universidad Central de Venezuela (UCV), the Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), and the Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI), started monitoring, collecting, and analyzing samples from commercial citrus fields, urban areas and nurseries from central Venezuela states during 2017. The presence of CLas in HLB-symptomatic citrus samples was then confirmed by conventional PCR and DNA sequencing (Marys *et al.* 2020).

Accurate diagnosis and distribution analysis are required to develop effective disease management strategies for HLB-infected plants. For all the reasons mentioned above, the present study aimed to assess the presence and geographic distribution of CLAs associated with HLB in some of the main citrus producing regions in central Venezuela, as well as to detect the bacteria in citrus relatives that could act as host plants reservoir through the evaluation of leaf tissue using conventional PCR.

MATERIALS AND METHODS

Branches from trees with apparent HLB symptoms were collected from 66 orange plants (*Citrus sinensis* L.) Osbeck and 47 samples from Volkamer lemon (*Citrus volkameriana* Pasq.). Samples from *Murraya paniculata* (L.) Jack, *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. and *Citrofortunella microcarpa* (Bunge) Wijnands (locally known as “jasmín de azahar”; “limoncillo” and “calamansi or calamondín”, respectively) growing close to citrus orchards were also sampled in 17 municipalities in the states of Aragua, Carabobo, Yaracuy and Portuguesa (Figure 1). Symptoms

included yellow shoots (Figure 2a), leaves with blotchy mottle, some of which had corky veins (Figure 2b), and lopsided, poorly colored fruits (Figure 2c). Some plants showed severe health decline (Figure 2d). Some fruits from suspected trees were also collected.

After collection, samples were labeled, saved in plastic bags, and stored at -20 °C. Total DNA was extracted using the AccuPrep GMO DNA Extraction Kit (Bioneer, Inc) according to the manufacturer's instructions. The leaf samples and fruit cortex were first rinsed with tap water and then sterilized using 70 % ethanol. Midribs were excised aseptically using scissors into smaller pieces and 200 mg of each sample was ground in extraction buffer using a pre-cooled mortar and pestle. Single, conventional PCR amplification of ribosomal proteins of CLas (703 bp amplicon) was carried out with primers A2/J5 targeting the β -operon, according to the protocol and PCR conditions designed by Hocquellet *et al.* (1999).

The PCR reaction mixture (40 μ l) contained: 1 μ M of each of the primers, 200 μ M of each of the four dNTP, 2 mM MgCl₂, 20 mM Tris-HCl pH 8.4, 50 mM KCl, 1.5 U

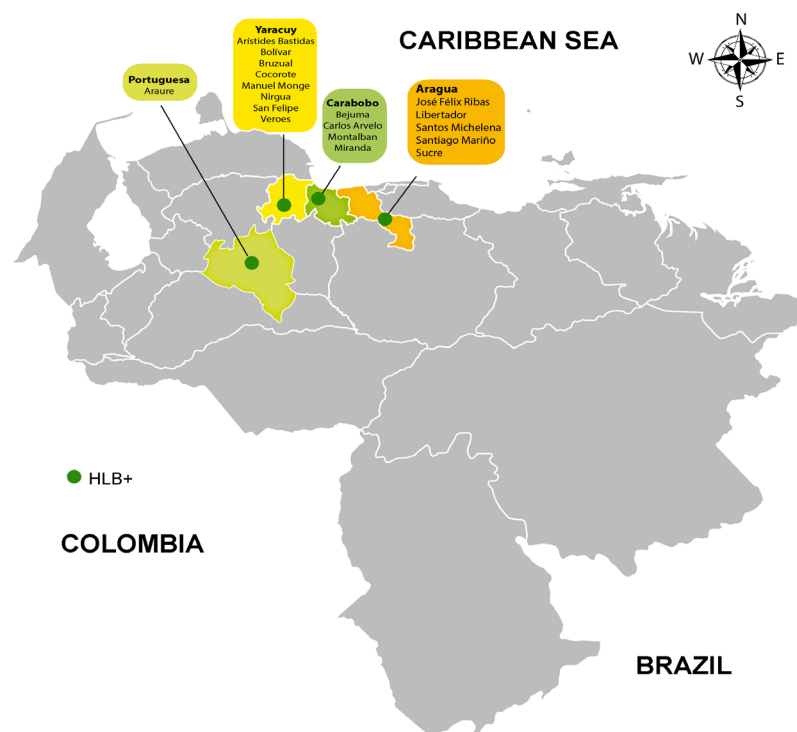


Figure 1. HLB-positive states in central Venezuela (2017). Credits: E. Marys

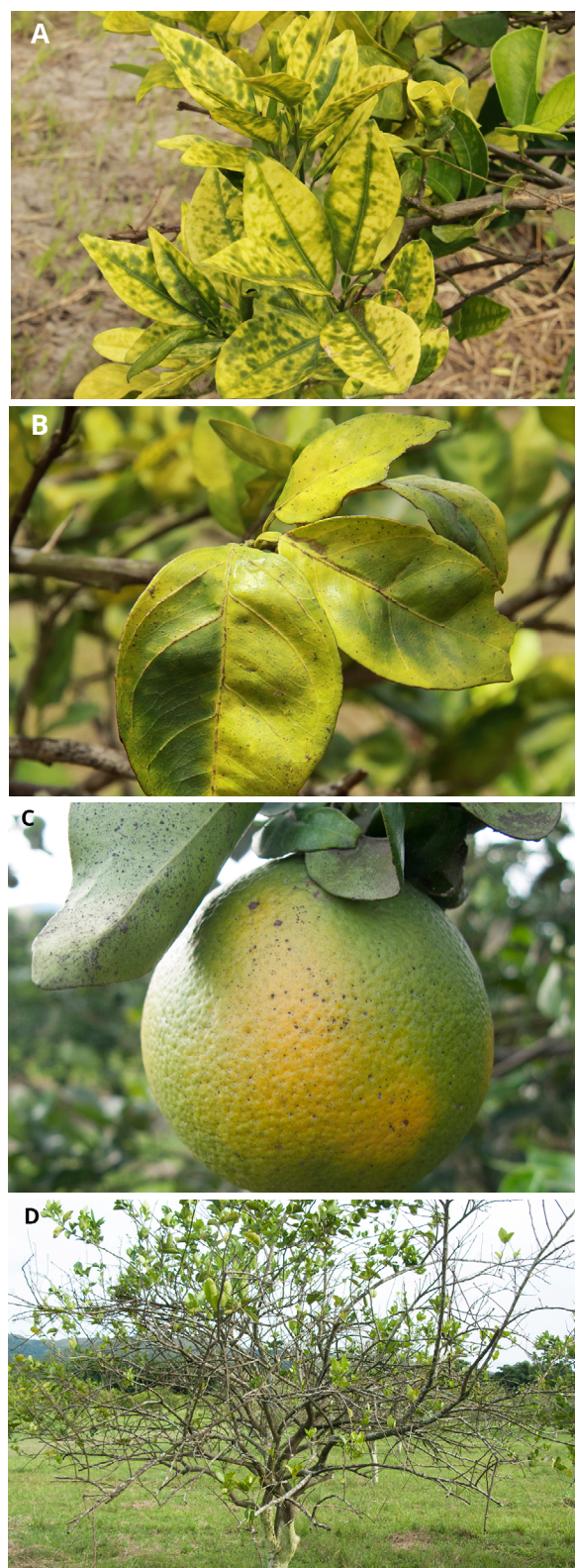


Figure 2. HLB-like symptoms observed in citrus plants during sampling: **A.** yellow shoots; **B.** blotchy mottle leaves; **C.** lopsided, poorly colored fruits; **D.** severe health decline of trees. Credits: E. Marys

of Taq polymerase (Thermo Fisher Scientific, Inc.), and 1 μ l of DNA preparation. A master cycle thermocycler (Eppendorf) was used with the following program for DNA amplification with primers A2/J5: initial denaturation at 95 °C for 3 min, 35 cycles each at 92 °C for 20 s, 62 °C for 20 s and 72 °C for 45 s. Following amplification, 10 μ l aliquots of each PCR product were analyzed by agarose-gel electrophoresis at 1.5 % in 1X TBE buffer (Tris base, boric acid, and 0.5 M EDTA [pH 8.0]). A 100 bp DNA ladder set (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) was included to determine fragment size.

Twenty-five PCR-positive products from different geographical sites and hosts were purified using the QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen) according to manufacturer's instructions and directly submitted for sequencing to Macrogen (South Korea). Sequences were compared with others *Ca. Liberibacter* spp. sequences available in the GenBank database using Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) algorithm to identify closely related sequences (NCBI-BLAST 2020). The nucleotide sequences of two amplicons were deposited in GenBank under accession numbers: MG418842.1 and MG418841.1 (Marys *et al.* 2020).

RESULTS AND DISCUSSION

In Venezuela, the presence of CLAs was previous detected by molecular means (Marys *et al.* 2020). However, our present report depicts the more extensive study performed in the country to survey HLB distribution in different geographical locations in the main central citrus growing regions (Figure 1). HLB-like symptoms such as leaf mottling, yellowing of leaf, yellow shoots, Zn-deficiency-like symptoms, vein clearing, twig dieback, and lopsided fruits, which resembled symptoms reported in other parts of the world (Bové 2006, Li *et al.* 2020), were encountered in all regions surveyed (Figure 2). Survey results showed a wide distribution of CLAs in the main central citrus production region of the country, CLAs being diagnosed in all 17 municipalities located in the four surveyed states (Table 1).

A proper understanding of HLB symptoms is necessary for the preliminary steps for disease survey and investigation. To manage the disease transmission, routine monitoring of HLB-like symptoms is needed. However, there is a lack of precision in detecting HLB

based on visual assessment due to the similarity of symptoms to nutrient deficiencies. Also, there might be confusion between other plant disorder symptoms and HLB infection, leading to misidentification. In this work, some of the symptomatic leaf samples did not give positive PCR results (Figure 3), which could be due either to the uneven distribution pattern of the HLB bacterium in the sampled trees or to the fact that sampled trees were affected by nutritional deficiencies or by other pests producing symptoms that can be confused with those of HLB. Among them, “citrus variegated chlorosis” caused by *Xylella fastidiosa* and “citrus stubborn disease” caused by *Spiroplasma citri* have been described in the country (Hernández et al. 1993, EFSA-HPL 2014), and could account for the 20 % symptomatic HLB-negative samples found in this study. Those situations clearly show that PCR detection of “*Ca. Liberibacter*” is the prime choice for HLB diagnosis.

In this study, the identification of CLas was based on the amplification of part of the ribosomal protein gene

of the rplA-rplJ operon (β -operon) using primers A2/J5 by PCR, sequencing and analysis and comparison of sequences of other “*Ca. Liberibacter*” deposited in the GenBank. A total of 87 out of 113 citrus samples (76.9 %) tested positive to CLas (Table 1), with the conventional PCR results showing amplification of the 730 bp amplicon obtained from symptomatic plants (Figure 3). Sequence comparison indicated that amplicons MG418842.1 and MG418841.1 shared greater than 99 % identity with 16S rDNA sequences of CLas in the GeneBank.

High HLB-incidence percentages were found in Aragua (87.5 %), Carabobo (65 %), Portuguesa (100 %) and Yaracuy (77.5 %). The results were somehow expected because these estates are contiguous and because of the high HLB-vector (*D. citri*) populations recorded during surveys (data not shown).

The detection of HLB-infected citrus trees in the western state of Portuguesa suggests a widespread distribution of the disease, and these alarming

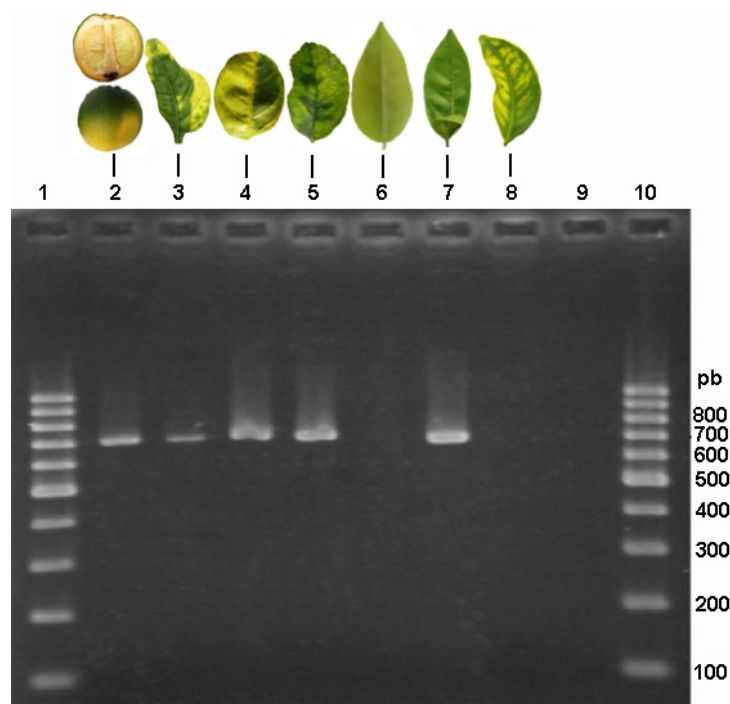


Figure 3. Symptoms and electrophoresis on 1.5 % agarose gel of amplicons with primers A2/J5 from symptomatic lemon cortex (lane 2), orange leaves (lanes 3-5), asymptomatic Rutaceae leaf (lane 6), *Swinglea glutinosa* leaf (lane 7), and lemon leaf (lane 8). Lane 9: negative control. Lanes 1 and 10: 100 bp ladder (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA).

Table 1.- Relative incidence of HLB-associated bacteria (CLas) in citrus plants showing HLB-like symptoms in four Venezuelan states using polymerase chain reaction (PCR).

State	Municipality	Samples (n)	PCR results	
			CLas (+)	CLas (-)
Aragua	José Félix Rivas	9	6	9
	Mariño	23	22	1
	Montalbán	22	11	11
Carabobo	Bejuma	7	4	3
	Miranda	5	5	0
	Carlos Arvelo	6	6	0
Portuguesa	Araure	5	5	0
	Veroes	4	1	3
	Manuel Monge	3	3	0
Yaracuy	Bruzual	1	1	0
	Cocorote	4	4	0
	Trinidad	6	6	0
	Arístides Bastidas	1	1	0
	Bolívar	5	3	2
	Nirgua	8	7	1
	San Felipe	4	2	2
Total		113	87	26
Percent			76.9	33

(+) Positive amplification; (-) No amplification; CLas: '*Ca. Liberibacter asiaticus*'

results reinforce the need to develop innovative management strategies. Historically, citrus cultivation in Venezuela has been characterized by the lack of rational plans to improve or develop cultivars adapted to our conditions, inappropriate cultural practices, mismanagement of pest and pathogens, and the absence of strategies for sustaining crop germplasms (Fermín *et al.* 2009, Morales *et al.* 2020).

The age of the citrus trees infected with CLas varied between 4 and 40 years, according to individual producers (data not collected). Positive samples were detected in commercial fields, nurseries, and backyards. It is difficult to determine the precise date of the introduction of HLB in Venezuela, taking into account that characteristics HLB symptoms can take six months to several years to develop in infected plants (Coletta-Filho *et al.* 2014).

There are some limitations in this study that could be further improved: 1) surveys should be conducted at frequent intervals and should be accompanied by vector populations dynamics analysis; 2) the number of tree samples to be collected and tested by PCR should be more representative for each state, and 3) among the citrus species cultivated in Venezuela (Fermín *et al.* 2009), only a few species are included in this study, so further inspection is required for the presence of HLB in other species.

Data from our survey showed that CLas was also detected in *C. microcarpa*, *M. paniculata* (used as an ornamental plant) and *S. glutinosa* (used as live barriers) which are also hosts of *D. citri* in all regions surveyed (Table 2). Recently, it was shown that these plants are short-term transient hosts of the pathogen (Cifuentes-Arenas *et al.* 2019). However,

under a combination of highly favorable conditions to CLas infection and transmission, and an absence of effective quarantine procedures, these plants could eventually serve as carriers of CLas to regions free from HLB. Plants from the main nursery stocks in the country located in Turmero, Santiago Mariño municipality, Aragua state, were also positive for HLB infection, thus representing a primary means for the long-distance spread of CLas to citrus production zones in western Venezuela.

Finally, there is strong evidence for a significant negative correlation between the vector population with elevation, suggesting that lower vector abundance at higher elevations results in lower HLB incidence (Jenkins *et al.* 2015, Devi *et al.* 2020). Hence, the HLB distribution in different elevations across the country must be promptly investigated, as high-altitude locations could be used for the establishment of

insect-proof nurseries devoted to the production of HLB-free clean nursery stock. Detailed assessments of the incidence and distribution patterns of HLB are important for management decisions and control strategies for reducing pathogen transmission, based on a comprehensive inoculum removal and the adoption of better cultural practices that would control HLB incidence to low levels (Bassanezi *et al.* 2020, Yuan *et al.* 2020), as a short-term solution to keep the citrus industry alive in the country.

CONCLUSIONS

This study is the first to provide evidence for the partial distribution of HLB and associated CLas in Venezuela. Future work should determine the extent and occurrence of the disease, which could have reached epidemic levels by now. HLB surveys should be conducted in regions at high elevations, to investigate the incidence of the disease and the vector population dynamics. If low HLB incidence is found at the high mountain range (Andean), the region could provide an ideal environment for the production of clean planting material to rejuvenate citrus production in central and eastern Venezuela at lower altitudes.

Considering the nationwide spread of the Asian citrus psyllid *D. citri* and the high rates of HLB infections found in citrus orchards in central regions, future strategies should include the removal of HLB-symptomatic trees, psyllid control, and replacement with HLB-free trees, as part of a scheme to control HLB in Venezuela. Region-wide implementation of such schemes, based on a comprehensive inoculum removal, and the adoption of better cultural practices would control HLB incidence to low levels and ensure the maintenance of citrus production in the country.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are indebted to Mr. Rafael Cabrera, Mr. Carlos Romero, Mr. Pedro Tomás Pacheco and the many people from citrus producer associations in Venezuela for promoting and supporting sample collections, and to Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) and Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI) for support and technical assistance during

Table 2.- Detection of CLas by PCR in different plant species grown in various states in Venezuela.

States	Plant species	Samples (n)	PCR result	
			CLas (+)	CLas (-)
Aragua	<i>Citrofortunella microcarpa</i>	7	4	3
	<i>Murraya paniculata</i>	11	6	5
	<i>Swinglea glutinosa</i>	19	17	2
Carabobo	<i>Citrofortunella microcarpa</i>	10	6	4
	<i>Murraya paniculata</i>	8	3	5
	<i>Swinglea glutinosa</i>	12	7	5
Yaracuy	<i>Citrofortunella microcarpa</i>	13	4	9
	<i>Murraya paniculata</i>	7	4	3
	<i>Swinglea glutinosa</i>	9	5	4
Total		96	56	40

(+) Positive amplification; (-) No amplification; CLas: 'Ca. Liberibacter asiaticus'

filed sampling. This work was financed in part by Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), project CMBC, N. 1402; Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT), and Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) in Venezuela.

CITED LITERATURE

- Aular, J; Casares, M. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela (online). Revista Brasileira Fruticultura 33:187-198. Accessed Dec. 14, 2020. Available in <https://bit.ly/3rddDNi>
- Bassanezi, RB; Lopes, SA; de Miranda, MP; Wulff, N; Volpe, HX; Ayres, AJ. 2020. Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil (online). Tropical Plant Pathology 45:251-264. Accessed Dec. 22, 2020. Available in <https://doi.org/ghjzbx>
- Bové, JM. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus (online). Journal of Plant Pathology 88:7-37. Accessed Dec. 13, 2020. Available in <https://bit.ly/3bmJrKD>
- Cermelli, M; Morales, P; Godoy, F. 2000. Presencia del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Venezuela. Boletín de Entomología Venezolana 15:235-243.
- Cifuentes-Arena, JC; Charles, GA; Peña, L; Lopes, SA. 2019. *Murraya paniculata* and *Swinglea glutinosa* as short-term transient hosts of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' and implications for spread of Huanglongbing (online). Phytopathology 109:2054-2073. Accessed Dec. 18, 2020. Available in <https://bit.ly/3bpq97h>
- Cimò, G; Lo Bianco, R; González, P; Bandaranayake, W; Etxeberria, E; Syvertsen, JP. 2013. Carbohydrate and nutritional responses to stem girdling and drought stress with respect to understanding symptoms of Huanglongbing in citrus (online). Hortscience 48(7):920-928. Accessed Dec. 18, 2020. Available in <https://bit.ly/3c7QwiH>
- Coletta-Filho, HD; Daugherty, MP; Ferreira, C; Lopes, JRS. 2014. Temporal Progression of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' Infection in Citrus and Acquisition Efficiency by *Diaphorina citri* (online). Phytopathology 104:416-421. Accessed Dec. 18, 2020. Available in <https://doi.org/fzhh>
- da Graça, JV; Douhan, GW; Halbert, SE; Keremane, ML; Lee, RF; Vidalakis, G; Zhao, H. 2016. Huanglongbing: an overview of a complex pathosystem ravaging the world's citrus (online). Journal of Integrative Plant Biology 58(4):373-387. Accessed Dec. 14, 2020. Available in <https://doi.org/f8jdhb>
- Devi, EJ; Labala, RK; Modak, R; Singh, NS; Devi, HS. 2020. Molecular detection of "Candidatus Liberibacter asiaticus" causing HLB in Manipur and correlation of its incidence with elevation (online). Tropical Plant Pathology 45:658-667. Accessed 14, Dec. 2020. Available in <https://doi.org/fzfhf>
- EFSA-PLH (European Food Safety Authority Panel on Plant Health, Italy). 2014. Scientific Opinion on pest categorization of *Spiroplasma citri*. EFSA Journal 12(2):3925. Accessed Jan. 6, 2021. Available in <https://bit.ly/38HFe2h>
- FEDEAGRO (Confederación de Productores Agropecuarios de Venezuela). 2020. Ubican en 90 % caída de la producción de cítricos en el país (online). Accessed Feb. 11, 2021. Available in <https://bit.ly/3qsctwF>
- Fermín, G; Briceño, A; Ely, F; Cedeño, L; Aranguren, Y; Valecillos, C. 2009. Citrus Cultivation in Venezuela. Tree and Forestry Science and Biotechnology 3(1):152-163.
- Fu, S; Bai, Z; Su, H; Liu, J; Hartung, JS; Zhou, C; Wang, X. 2019. Occurrence of prophage and historical perspectives associated with the dissemination of huanglongbing in mainland China. Plant Pathology 69(1):132-138. Accessed Dec. 22, 2020. Available in <https://doi.org/fzhd>
- Hernández, L; Ochoa, F; Derrick, K; Beretta, MJ; Cajon, O; Chacín, F; Machado, TW. 1993. Relación entre *Xylella fastidiosa* y el decaimiento repentino de los cítricos. Fitopatología Venezolana 6:42-43.
- Hocquellet, A; Toorawa, P; Bové, JM; Garnier, M. 1999. Detection and identification of the two *Candidatus Liberobacter* species associated with citrus huanglongbing by PCR amplification of ribosomal protein genes of the β operon (online). Molecular and Cellular Probes 13(5):373-379.

- Accessed Dec. 19, 2020. Available in <https://doi.org/dv96bx>
- Jagoueix, S; Bové, JM; Garnier, M. 1994. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the α subdivision of the *Proteobacteria* (online). International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 44:379–86. Accessed Dec. 16, 2021. Available in <https://bit.ly/3ehxQhH>
- Jenkins, DA; Hall, DG; Goenaga, R. 2015. *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) abundance in Puerto Rico declines with elevation. Horticultural Entomology 108:252–258.
- Kim, JS; Sagaram, US; Burns, JK; Li, JL; Wang, N. 2009. Response of sweet orange (*Citrus sinensis*) to ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ infection: Microscopy and Microarray Analyses. Phytopathology 99:(1)50-57.
- Lopes, SA; Bertolini, E; Frare, GF; Martins, EC; Wulff, NA; Teixeira, FC; Fernandes, NG; Cambra, M. 2009. Graft transmission efficiencies and multiplication of ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’ and ‘*Ca. Liberibacter asiaticus*’ in citrus Plants. Phytopathology 99:301–306.
- Li, S; Wu, F; Duan, Y; Singerman, A; Guan, Z. 2020. Citrus Greening: Management Strategies and Their Economic Impact (online). HortScience 55:604-612. Accessed Jan. 7, 2021. Available in <https://doi.org/fzhh>
- Marys, E; Rodríguez-Román, E; Mejías, R; Mejías, A; Mago, M; Hernández, Y. 2020. First report on molecular evidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* associated with citrus Huanglongbing in Venezuela (online). Journal of Plant Pathology 102:1333. Accessed Dec. 13, 2020. Available in <https://doi.org/fn7j>
- Morales, P; Schmidt A. 2016. Informe técnico sobre sospecha de HLB en muestras de plantas de naranja provenientes de ramas de árboles de naranja ‘Valencia’, Parcela 33 Colonia Guayabita. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Gerencia de Investigación, Maracay. 8 p.
- Morales, P; Monteverde, E; Cermeli, M. 2020. La citricultura venezolana en tiempos del Huanglongbing. Visión actual y retos futuros (online). Agronomía Tropical 70:1-31. Accessed Feb. 6, 2021. Available in <https://doi.org/fzg9>
- Moreno, MJ; Belén, DR; García, D; Mendoza, L. 2006. Evaluación del contenido de carotenoides totales en cáscaras de algunas variedades de naranjas venezolanas. Revista de la Facultad de Agronomía-LUZ 23:301-309.
- Munir, S; He, P; Wu, Y; He, P; Khan, S; Huang, M; Cui, W; He, P; He, Y. 2018. Huanglongbing Control: Perhaps the End of the Beginning (online). Microbial Ecology 76:192. Accessed Jan. 7, 2021. Available in <https://bit.ly/30lZHoS>
- NCBI-BLAST (National Center for Biotechnology Information - Basic Local Alignment Search Tool, USA). 2020. Basic Local Alignment Search Tool (online, website). Accessed 06 ago. 2020. Available in <https://bit.ly/311Cuc1>
- Shen, W; Cevallos-Cevallos, JM; Nunes da Rocha, U; Arevalo, HA; Stanly, PA; Roberts, PD; van Bruggen, AHC. 2013. Relation between plant nutrition, hormones, insecticide applications, bacterial endophytes, and *Candidatus Liberibacter Ct* values in citrus trees infected with Huanglongbing (online). European Journal of Plant Pathology 137:727–742. Accessed Dec. 20, 2020. Available in <https://bit.ly/30pvaGw>
- Singerman, A; Rogers, ME. 2020. The Economic Challenges of Dealing with Citrus Greening: The Case of Florida (online). Journal of Integrated Pest Management 11(3):1–7. Accessed Dec. 26, 2020. Available in <https://bit.ly/3v2xaCK>
- Spreen, TH; Baldwin, JP; Futch, SH. 2014. An Economic assessment of the impact of Huanglongbing on citrus tree plantings in Florida. Hortscience 49(8):1052–1055.
- Tansey, JA; Vanaclocha, P; Monzo, C; Jones, M; Stansly, PA. 2017. Costs and benefits of insecticide and foliar nutrient applications to Huanglongbing-infected citrus trees (online). Pest Management Science 73:904-916. Accessed Jan. 10, 2021. Available in <https://bit.ly/38emA1v>
- Teixeira, DDC; Danet, JL; Eveillard, S; Martins, EC; Junior, WCJ; Yamamoto, PT; Lopes, SA; Bassanezi, RB; Ayres, AJ; Saillard, C; Bové, JM. 2005. Citrus huanglongbing in São Paulo state, Brazil: PCR

- detection of the 'Candidatus' Liberibacter species associated with the disease (online). *Molecular and Cellular Probes* 19(3):173–179. Accessed Jan. 6, 2021. Available in <https://bit.ly/3eilc0>
- Velásquez, A. 2007. Presencia del psílido de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama, Hemiptera: Psyllidae) en fincas productoras de cítricos en el estado Monagas. *In* Memorias del XX Congreso Venezolano de Entomología. (20, 2007, San Cristóbal, Venezuela). Universidad Nacional Experimental del Táchira. p. 177-178.
- Yuan, X; Chen, C; Bassanezi, R; Wu, F; Feng, Z; Shi, D; Du, Y; Zhong, L; Zhong, B; Lu, Z; Li, J; Song, X; Hu, Y; Ouyang, Z; Liu, X; Xie, J; Rao, X; Wang, X; Wu, D; Guan, Z; Wang, N. 2020. Region-wide comprehensive implementation of roguing infected trees, tree replacement, and insecticide applications successfully controls citrus HLB (online). *Phytopathology* 1-29. Accessed Dec. 6, 2020. Available in <https://bit.ly/3vG5qo4>

Efecto antagónico de cepas nativas de *Trichoderma* spp. contra el hongo fitopatógeno *Rosellinia necatrix* en México

Rómulo García-Velasco^{1*} , Anahid Alonso-Bahena¹ , Grisel Domínguez-Arizmendi¹ , Sotero Aguilar-Medel¹ , Martha E. Mora-Herrera¹ , Barbarita Companioni-González² 

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Tenancingo. Estado de México. México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. *Correo electrónico: rgarciave@uaemex.mx

RESUMEN

En México, el Estado de México representa el principal productor de *Rosa* sp. en el país. Las mayores producciones en el cultivo se localizan en la región sur del estado que incluye los municipios de Tenancingo, Villa Guerrero y Coatepec Harinas. Sin embargo, la producción de este cultivo se encuentra afectada por la incidencia de *Rosellinia necatrix* Prill, agente causal de la pudrición blanca de la raíz. El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto antagónico de cepas nativas de *Trichoderma* spp. contra el hongo fitopatógeno *R. necatrix* en el cultivo de la rosa, en la región sur del Estado de México. Se realizó la selección de los cultivos monospóricos del hongo a partir de las cepas nativas obtenidas en las muestras de suelo. Se logró la identificación morfológica y molecular de las cepas nativas, y establecer los mecanismos de acción *in vitro*. Se obtuvieron dos cepas nativas *Trichoderma tomentosum* (SS1-6) y *Trichoderma barbatum* (SS2-5). Los mecanismos de antagonismos evidenciados en ambas cepas fueron competencia, antibiosis por metabolitos volátiles y difusibles. El micoparasitismo sólo se observó en la cepa nativa SS1-6. La cepa SS1-6 obtuvo el mayor porcentaje de inhibición (89 %) respecto a la cepa SS2-5. El efecto de los metabolitos volátiles con actividad antifúngica secretados se evidenció en las 2 cepas (SS1-6 y SS2-5). Ambas cepas mostraron ser promisorias para su utilización en el control biológico de *R. necatrix* en el cultivo de la rosa en la región sur del Estado de México.

Palabras clave: control biológico, patógeno, plantas ornamentales, *Rosa* sp.

Antagonistic effect of native strains of *Trichoderma* spp. against the phytopathogenic fungus *Rosellinia necatrix* in Mexico

ABSTRACT

In Mexico, Mexico State represents the main producer of *Rosa* sp. in the country. The largest productions in the crop are located in the southern region of the state, which includes the municipalities of Tenancingo, Villa Guerrero, and Coatepec Harinas. However, the production of this crop is affected by the incidence of *Rosellinia necatrix* Prill, the causal agent of white root rot. The present work was carried out to determine the antagonistic effect of native strains of *Trichoderma* spp. against the phytopathogenic fungus *R. necatrix* in rose cultivation, in the southern region of the Mexico State. The selection of the monosporic cultures of the fungus was made from the native strains obtained in the collected soil samples. Morphological and molecular identification of the native strains was achieved and *in vitro* mechanisms of action. Two native strains *Trichoderma tomentosum* (SS1-6) and *Trichoderma barbatum* (SS2-5) were obtained. The antagonism mechanisms evidenced in both strains were competition, antibiosis by volatile and diffusible metabolites. Mycoparasitism was only observed in the native strain SS1-6. The SS1-6 strain obtained the highest percentage of inhibition (89 %) concerning the SS2-5 strain. The effect of volatile metabolites with secreted antifungal activity was evidenced in both strains (SS1-6 and SS2-5). Both strains showed promise for their use in the biological control of *R. necatrix* in rose cultivation in the southern region of Mexico State.

Key words: biological control, pathogens, ornamental plants, *Rosa* sp.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Rosa* sp. representa uno de los principales ornamentales que exporta México. El Estado de México constituye el principal productor de *Rosa* sp. en el país (SIAVI 2019). Las mayores producciones en el cultivo se localizan en la región sur del estado, que incluye los municipios de Tenancingo, Villa Guerrero y Coatepec Harinas (SIAP 2018). Sin embargo, la producción de este cultivo se encuentra afectada por la incidencia de una serie de fitopatógenos en los que se encuentra a *Rosellinia necatrix* Prill (= *Dematophora necatrix* (Hart.) Berl.), agente causal de la pudrición blanca de la raíz (García-Velasco *et al.* 2012, 2017).

Rosellinia sp. constituye un parásito facultativo con un amplio rango de hospederos (García *et al.* 2005). En alrededor de 170 especies, 63 géneros y 30 familias se ha demostrado sus daños. El patógeno afecta a un gran número de especies leñosas y semileñosas. Se ha encontrado en bulbos y rizomas, pero principalmente en árboles frutales, forestales y plantas ornamentales (Pérez-Jiménez 2006).

Los principales síntomas ocasionados por la enfermedad se presentan en manchones, sobre todo en zonas del suelo con exceso de humedad. Por otra parte, en el suelo se observan raíces invadidas por cordones miceliales blanco algodonoso que se tornan a negro cuando envejece. En la parte aérea las plantas presentan escaso follaje y muerte de ramas. Las hojas muertas pueden permanecer adheridas a las ramas durante largos períodos de tiempo. Sin embargo, en algunas plantas que se encuentran infectadas no se observan síntomas visuales en la parte aérea. Esto se debe a que la sintomatología de la enfermedad depende de la edad fisiológica de la planta y de la severidad de la enfermedad (García-Velasco *et al.* 2012).

El principal método de manejo que se utiliza para la pudrición blanca de la raíz lo constituye el control químico. El mismo consiste en realizar aplicaciones preventivas con bromuro de metilo en el suelo. Además, cuando aparecen los primeros síntomas en las plantas se recomienda efectuar aplicaciones de fungicidas sintéticos (García-Velasco *et al.* 2017, Alonso-Bahena *et al.* 2018).

El control de esta enfermedad con el uso de agroquímicos resulta costoso y causa serios daños al medio ambiente. Por otro lado, varios autores plantean que este método de control no brinda resultados satisfactorios, por la aparición de resistencia en el patógeno (Schirawski y Perlin 2018, Stringlis *et al.* 2018, Companioni-González *et al.* 2019). Por ello, la utilización de microorganismos para el manejo de plagas y enfermedades constituye una alternativa viable para asegurar la producción en el cultivo de forma sana.

Los microorganismos antagonistas se encuentran en el suelo de forma natural y ofrecen varios beneficios para las plantas. *Trichoderma* se considera como uno de los antagonistas de hongos fitopatógenos más utilizado en la agricultura moderna sustentable (Youseff *et al.* 2016, Pineda-Insuasti *et al.* 2017). Sin embargo, esta capacidad como antagonista es altamente variable. Según Mihuta-Grimm y Rowe (1986) de 255 aislamientos obtenidos de diferentes lugares, sólo el 15 % fue efectivo en el control de *Rhizoctonia*. En este mismo sentido, Arcia (1995) planteó que las cepas nativas de un lugar son más efectivas que las importadas. Martínez-Bolaños *et al.* (2008) mostraron que la capacidad antagonista depende de la especificidad de la cepa y de sus modos de acción.

Por lo tanto, el éxito en la formulación y comercialización de biopreparados fúngicos mediante la industria biotecnológica para su aplicación en la agricultura requiere de estudios previos en la selección de aislamientos promisorios para el control y del conocimiento de los mecanismos de acción relacionados con dicho control (Pineda-Insuasti *et al.* 2017).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto antagónico de cepas nativas de *Trichoderma* spp. contra el hongo fitopatógeno *R. necatrix* en el cultivo de la rosa, en la región sur del Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Fitopatología, Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Colecta de muestras de suelo para el aislamiento de cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Se realizó la colecta de muestras de suelo en un bosque de encino deteriorado de San Simonito, Tenancingo, Estado de México, México. Las muestras de suelo se tomaron según la técnica descrita por Guigón-López *et al.* (2004). Para ello se seleccionaron cinco puntos de muestreo. En la parte de la rizósfera, a una profundidad de 20 cm se tomó una muestra que contenía 200 g de suelo; y en total por los cinco puntos muestreados se colectó 1 kg de suelo. Todas las muestras colectadas se homogenizaron y después se tomó una muestra de 10 g de suelo. Se añadió un volumen de 90 mL de agua destilada estéril y se agitó durante 20 minutos en una placa de agitación Cimarec®. Posterior a este proceso, se realizó una dilución seriada (5 x 1:9 mL). En las tres últimas diluciones se tomó 1 mL, y se añadió en el medio de cultivo selectivo para *Trichoderma* spp. (Askew y Lang 1993).

Cada una de las siembras se incubó a 28 ± 2 °C, $56 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de intensidad luminosa, y con un fotoperíodo de 12 h luz:12 h oscuridad. Se realizaron observaciones de forma diaria para determinar la presencia de crecimiento micelial de *Trichoderma* spp. Las colonias de este género crecen de forma rápida, y presentan un micelio aéreo hialino algodonoso, según la cepa y el medio de cultivo. Por el reverso de la caja Petri se pueden observar diversas tonalidades de color: amarillo, ámbar, rojizo opaco o amarillo verdoso. Además, estas colonias desprenden un olor característico del género, similar a coco o alcanfor (Gams y Bissett 2002). A partir de las características observadas en el crecimiento de las colonias del hongo, se seleccionaron muestras y se realizaron preparaciones para su observación en un microscopio Carl Zeiss®. Se corroboraron con la clave taxonómica descrita por Barnett y Hunter (1998) y literatura especializada (Gams y Bissett 2002).

Obtención de cultivos monospóricos en las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Se realizaron cultivos monospóricos a partir de las cepas nativas obtenidas en las muestras de suelo colectadas. Después de los siete días de la incubación y crecimiento del hongo antagonista se realizó el cultivo monospórico. En una colonia del

hongo se añadieron 15 mL de agua destilada estéril y con ayuda de un asa de inoculación se dispersaron las esporas del hongo. Seguidamente, se tomó 1 mL de la suspensión de esporas del antagonista; y se transfirió a un tubo de cultivo que contenía 9 mL de agua destilada estéril.

A partir de esta dilución se realizaron diluciones seriadas (6 x 1:9 mL); y de cada tubo de cultivo se tomó 1 mL de la dilución; y se inocularon en una placa de Petri que contenía medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA). El cultivo del hongo se incubó durante dos semanas en las condiciones descritas con anterioridad. Cada 24 h se realizaron las observaciones visuales en el crecimiento micelial de las cepas nativas. Seguido de la observación del crecimiento micelial del hongo; se procedió a la inoculación de seis colonias monospóricas de mayor tamaño a una nueva placa Petri que contenía medio de cultivo PDA. Después del proceso de inoculación, cada 24 h se procedió a trazar el crecimiento radial del hongo hasta que al menos una cubrió por completo el cultivo del antagonista en la placa Petri. Se determinó el área de crecimiento micelial del hongo mediante el programa ImageJ 1.43 (Schneider *et al.* 2012).

Los datos se analizaron mediante una regresión lineal simple con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2017). Por otro lado, en cada cultivo monospórico del antagonista se determinó la concentración de esporas del hongo. El conteo de esporas se realizó mediante una cámara de Neubauer (Celeromics, Valencia, España). La selección de los cultivos monospóricos del hongo se realizó teniendo en cuenta los mayores valores en el área de crecimiento micelial y la concentración de esporas del hongo antagonista en las cepas nativas.

Identificación morfológica del género de las cepas nativas

La identificación morfológica del género de las cepas nativas se realizó mediante la clave taxonómica descrita por Gams y Bissett (2002). Para ello se utilizó la técnica de microcultivos del hongo (Ramírez *et al.* 2015). Se colocó en el interior de una caja Petri un papel absorbente y un triángulo de aluminio. Por último; se colocó un porta objeto y un disco de 8 mm de diámetro de medio de cultivo PDA.

Luego, se inoculó en uno de los extremos del disco del medio de cultivo PDA la cepa nativa del

antagonista. Se añadió agua glicerizada al 5 % en el papel absorbente; y se procedió a la incubación de los microcultivos para ambas cepas nativas. Las observaciones en el crecimiento micelial de los microcultivos se realizaron de forma diaria.

Tres días después del proceso de inoculación e incubación del hongo se procedió a separar de forma cuidadosa el porta objeto, con el interés de no dañar el desarrollo del hongo adherido a la superficie del porta objeto. Por otro lado, se colocó la muestra en un portaobjetos con azul de algodón; y se observaron en un microscopio Carl Zeiss®; con el objetivo de realizar la identificación morfológica del género de las cepas nativas.

Identificación molecular de las especies de las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Las cepas nativas obtenidas SS1-6 y SS2-5 se cultivaron en medio de cultivo PDA. Luego de siete días de incubación se tomó una pequeña porción del crecimiento micelial del hongo en ambas cepas nativas. Se procedió al proceso de extracción del ácido desoxirribonucleico (ADN) mediante el kit de extracción AxyPrep™ Multisource Genomic DNA Miniprep Axygen®. Se usaron los cebadores universales ITS4: TCCTCCGCTTATTGATATGC e ITS5: GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG (White *et al.* 1990) para la amplificación mediante PCR de las regiones internas ITS4 e ITS5 de los genes 18S–5.8S y 5.8S–28S.

Las reacciones de amplificación se llevaron a cabo en un termociclador profesional estándar, Biometra®, Alemania. La mezcla de amplificación estuvo compuesta por Taq DNA Buffer PCR 1X; MgCl₂ 0,75 mM; dNTP's 0,2 mM; Platinum Taq DNA polymerase 1U (Invitrogen, USA); 10 µM de cada cebador (ITS4-ITS5) y 80 ng de ADN total, en un volumen final de 25 µL para cada reacción.

El programa de amplificación consistió en una fase de desnaturalización inicial con temperatura de 96 °C durante 3 minutos. Luego, una fase de 35 ciclos con temperaturas de: 95 °C durante 30 segundos; 55 °C por 30 segundos y 72 °C durante 45 segundos. Seguida de una fase de extensión final con temperatura de 72 °C por 4 minutos.

Los productos de amplificación se verificaron mediante electroforesis en geles de agarosa al 2 %. La tinción se realizó con bromuro de etidio (5 mg·L⁻¹) y los geles

se visualizaron en un fotodocumentador Gel Doc, Bio-Rad®, USA.

Los productos amplificados fueron secuenciados en ambas direcciones (5' → 3' y 3' → 5') por la compañía Macrogen, en Corea. Las secuencias obtenidas se editaron con el programa BioEdit versión 7.0.0 (Hall 1999) y se alinearon con la base de datos del GenBank del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI 2019).

Determinación de los mecanismos de acción *in vitro* de *Trichoderma* spp. contra el hongo fitopatógeno *R. necatrix*

Cepas patógenas

En la experimentación se utilizó la cepa patógena de *R. necatrix* (VG2GR) procedente del cepario del Laboratorio de Fitopatología del Centro Universitarios de Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, México. La misma se aisló de plantas enfermas en el cultivo de *Rosa* sp., en el municipio de Tenancingo, Estado de México, México. La cepa patógena de *R. necatrix* (VG2GR); y las cepas nativas de *Trichoderma* spp. (SS1-6 y SS2-5) se sembraron en medio de cultivo PDA. Después de siete días del proceso de crecimiento e incubación de los hongos descritos se procedió a realizar los siguientes ensayos de mecanismos de acción *in vitro* de *Trichoderma* spp. contra *R. necatrix*.

Competencia

La competencia entre los microorganismos (patógeno-antagonista) se determinó mediante cultivos duales en cajas Petri que contenían medio de cultivo PDA (Bell *et al.* 1982). Para ello, se tomaron discos de 8 mm de diámetro en ambos hongos (patógeno-antagonista). Estos se sembraron en los extremos de la caja Petri a una separación de 6 cm entre ellos. Luego se incubaron según las condiciones mencionadas.

Las observaciones en el crecimiento de ambos grupos de microorganismos se realizaron de forma diaria. A los quince días después del proceso de incubación se determinó la clasificación de antagonismo por medio del pictograma propuesto por Bell *et al.* (1982), modificado por Ruiz (2011). Se trazó el área de crecimiento micelial del patógeno para determinar el

área de inhibición del crecimiento antagonico. Para ello se tomaron imágenes del reverso de la caja de Petri; y se utilizó el programa ImageJ 1.43 (Schneider *et al.* 2012).

Antibiosis por metabolitos volátiles

El efecto de los metabolitos volátiles con actividad antifúngica secretados por las cepas nativas de *Trichoderma* spp. se determinó mediante la técnica de cajas Petri superpuestas (Allori *et al.* 2014). Para ello se sembraron disco de 8 mm de diámetro de ambos grupos de hongos de forma independiente en cajas de Petri. Se confrontaron ambos grupos de microorganismos donde se acercaron las dos bases de las cajas Petri inoculadas con los hongos, separadas con papel celofán estéril. Luego, se sellaron e incubaron en las condiciones descritas. Cada 24 h, después del proceso de incubación se determinó el área de crecimiento micelial del patógeno mediante el programa ImageJ 1.43 (Schneider *et al.* 2012).

Antibiosis por metabolitos difusibles

El efecto de los metabolitos difusibles con actividad antifúngica secretados por las cepas nativas de *Trichoderma* spp. se determinó mediante la técnica de papel celofán (Dennise y Webster 1971). Esta consistió en colocar el papel celofán estéril sobre el medio de cultivo PDA. Posterior a ello, se colocó encima un disco de 8 mm de diámetro de la cepa nativa de *Trichoderma* spp. a ensayar en la prueba de antibiosis y se incubaron en las condiciones mencionadas con anterioridad. Luego de 48 h, se eliminó el papel celofán que contenía el disco del hongo antagonista y se procedió a inocular a *R. necatrix*. La incubación del cultivo de los hongos se realizó en las condiciones descritas. Cada 24 h, después del proceso de incubación se determinó el área de crecimiento micelial del patógeno mediante el programa ImageJ 1.43 (Schneider *et al.* 2012).

Micoparasitismo

Para determinar el micoparasitismo de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre el patógeno se utilizó la técnica de microcultivos (Ramírez *et al.* 2015). A las 72 h del proceso de inoculación e incubación de ambos hongos (patógeno-antagonista) en el interior de la placa Petri se tomaron imágenes

mediante una cámara fotográfica (CANON) integrada a un microscopio Carl Zeiss®.

Se consideró como micoparasitismo cuando el micelio de las cepas del antagonista se encontró en contacto o adherido al micelio del patógeno, en enrollamiento, en lisis de las paredes celulares del patógeno y/o haustorios del hongo antagonista en las hifas del patógeno (Howell 2003).

Diseño experimental y análisis estadístico

En toda la experimentación se utilizó un diseño completo al azar, donde cada tratamiento incluyó siete repeticiones. En el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el utilitario estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2017). En la generalidad de los experimentos se realizaron pruebas paramétricas: ANOVA y LSD. La probabilidad máxima de cometer error de tipo I fue 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de cultivos monospóricos en las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

En las muestras de suelo colectadas se encontraron dos cepas nativas (SS1 y SS2) de *Trichoderma* spp. En la cepa nativa SS1 se seleccionó el cultivo monospórico SS1-6 como el cultivo que presentó la mayor área de crecimiento micelial (13,992 cm²) y mayor concentración de esporas (3,1 x 10⁷ conidios·mL⁻¹) con marcadas diferencias significativas respecto al resto de los cultivos monospóricos obtenidos en la cepa SS1.

Sin embargo, en la cepa SS2 se seleccionó el cultivo monospórico SS2-5. El cual mostró la mayor concentración de esporas (2,8 x 10⁶ conidios·mL⁻¹) y 10,481 cm² en su área de crecimiento micelial del hongo antagonista; con diferencias significativas con el resto de los cultivos obtenidos en la cepa SS2 (Cuadro 1).

Por otro lado, de forma visual se observaron diferencias cualitativas en el crecimiento micelial en ambas cepas crecidas en el medio de cultivo PDA. En la cepa SS1-6 se observó la presencia de colonias con micelio blanco algodonoso y compacto a medida de la edad del cultivo del hongo; y la presencia de tonalidades verdosas con apariencia de anillos concéntricos como resultado de la producción de conidios (Figura 1-A).

Cuadro 1.- Determinación del área de crecimiento y la concentración de esporas del hongo antagonista en las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Cultivos monospóricos de las cepas nativas	Área del crecimiento micelial del antagonista (cm ²)	Concentración de esporas del antagonista (conidios·mL ⁻¹)
SS1-1	10,915	2,2 x 10 ⁷
SS1-2	11,456	3,2 x 10 ⁷
SS1-3	13,544	1,8 x 10 ⁷
SS1-4	13,328	2,6 x 10 ⁷
SS1-5	11,108	1,3 x 10 ⁷
SS1-6*	13,992	3,1 x 10 ⁷
SS2-1	10,677	1,7 x 10 ⁶
SS2-2	10,488	1,5 x 10 ⁶
SS2-3	10,447	1,8 x 10 ⁶
SS2-4	10,473	2,2 x 10 ⁶
SS2-5*	10,481	2,8 x 10 ⁶
SS2-6	11,106	2,1 x 10 ⁶

* cultivos monospóricos seleccionados en las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

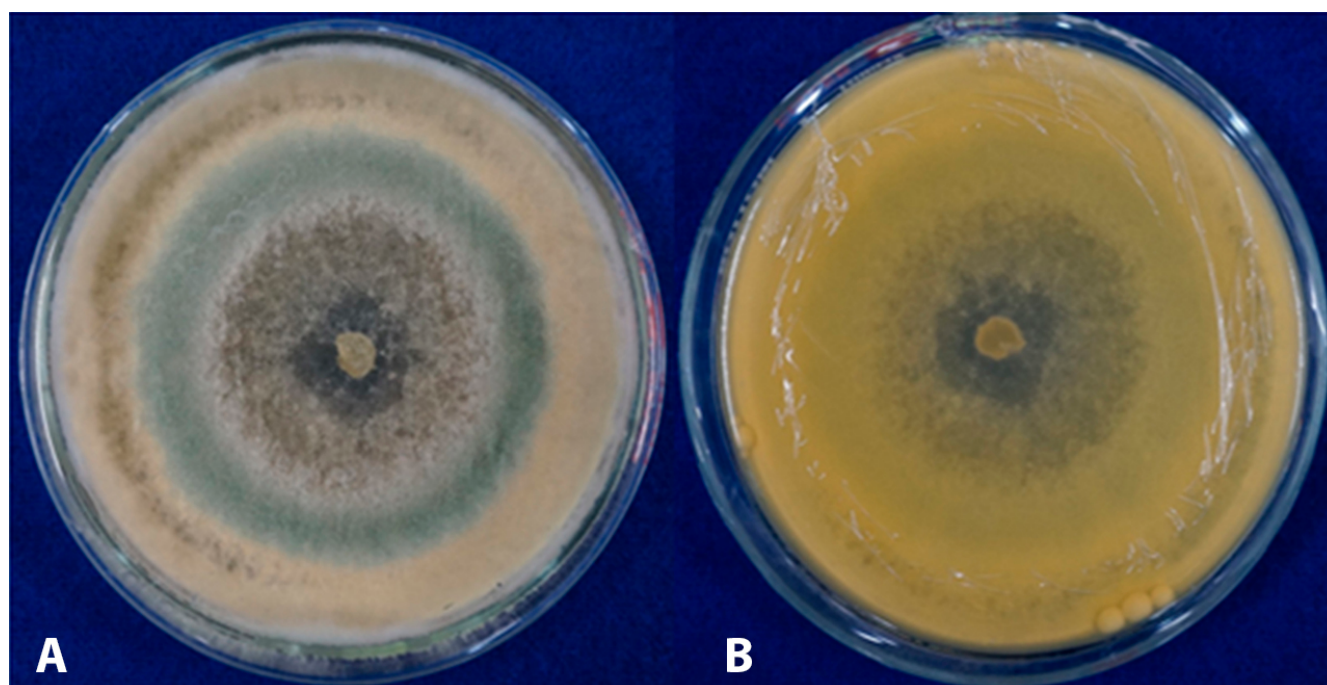


Figura 1. Cultivo monospórico de la cepa nativa de *Trichoderma* spp. SS1-6. A: anverso de la placa; B: reverso de la placa

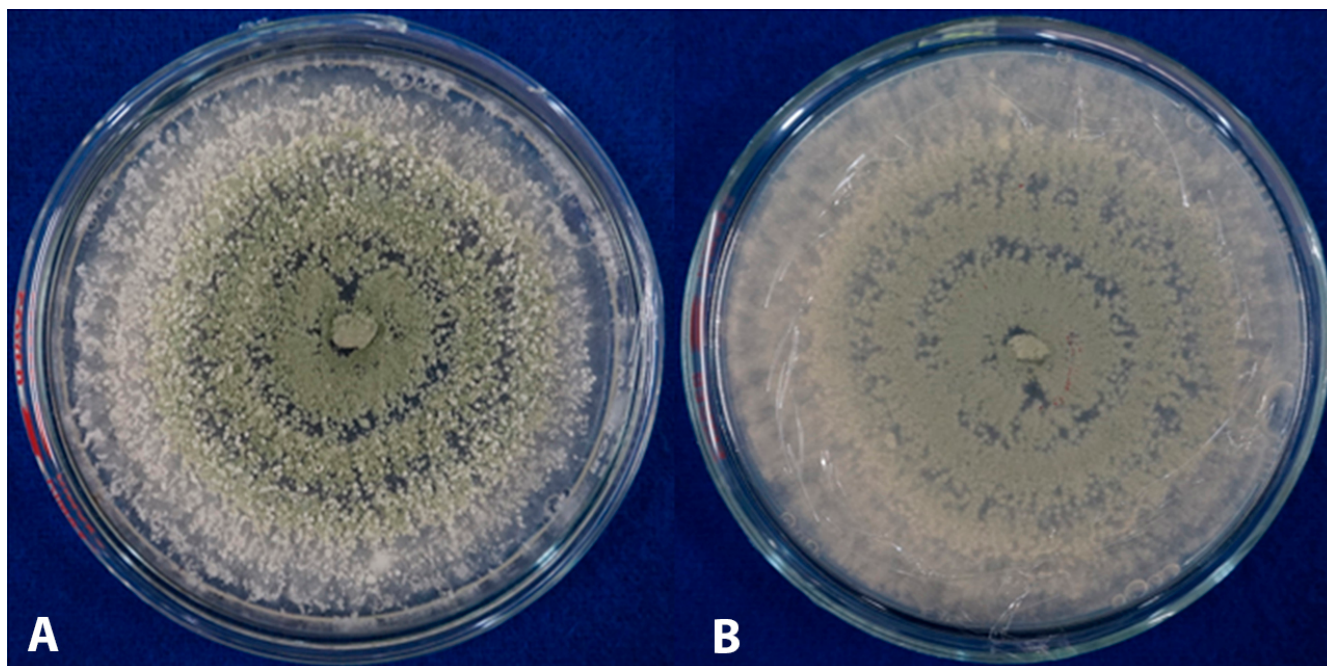


Figura 2. Cultivo monospórico de la cepa nativa de *Trichoderma* spp. SS2-5. A: anverso de la placa; B: reverso de la placa

Además, se apreció una pigmentación amarillenta (Figura 1-B). Sin embargo, en la cepa SS2-5 se observó un crecimiento micelial en forma de anillos concéntricos y grumos donde se agrupan los conidios (Figura 2-A) y una pigmentación blanca (Figura 2-B).

En este sentido, Ibarra-Medina *et al.* (2010) con el interés de obtener microorganismos potenciales para el control de *Sclerotinia sclerotiorum* y *Sclerotinia minor* realizaron el aislamiento de cepas de *Trichoderma* a partir de muestras de suelo. Mediante la técnica de trampas con esclerocios obtuvieron setenta y un aislados fúngicos de *Trichoderma*. Seguidamente, evaluaron su capacidad micoparasítica sobre el micelio; y esclerocios de ambos patógenos.

Por otro lado, Samaniego-Fernández *et al.* (2018) describen el uso de trampas a base de arroz cocido o de forma directa en el medio de cultivo PDA para el aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. Para ello determinaron el crecimiento lineal diario (radios de las colonias), la velocidad de crecimiento y el porcentaje de inhibición del crecimiento radial de los antagonistas. Las cepas autóctonas de *Trichoderma* aisladas e identificadas fueron *Trichoderma* 2T-aislado, *T. harzianum* 6(A-53)2 y *T. viride* 4(TS-3)1. *Trichoderma* 2T-aislado resultó el

antagonista *in vitro* más eficiente contra los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium* spp. y *Sclerotium rolfsii* Sacc. Seguida de *T. viride* 4(TS-3)1 (biocontrolador de *R. solani* y *S. rolfsii*; y con menor capacidad antagonica contra *Fusarium* spp.) y *T. harzianum* 6(A-53)2.

Mientras que Herrera-Jiménez *et al.* (2018) obtuvieron un aislamiento de *T. tomentosum* a partir de raíces de plantas de maíz; el cual mostró efecto de estimulación del crecimiento en el cultivo.

Identificación morfológica del género de las cepas nativas

Las características encontradas en ambas cepas nativas (SS1-6 y SS2-5) corresponden con las planteadas por otros autores para el género *Trichoderma* spp. En ambas cepas se observaron las siguientes características morfológicas: micelio septado con pigmentación de color verde; conidióforos ramificados; fiálides en forma de botella y verticiladas; y conidios ovalados de color verde (Figura 3 A y B).

En la cepa nativa SS1-6 se obtuvo que los conidios resultaron en promedio 0,232 μm de largo y 0,161 μm de ancho. El largo de las fiálides fue de 1,263 μm , con una base de 0,124 μm . Por otro lado, los conidios en

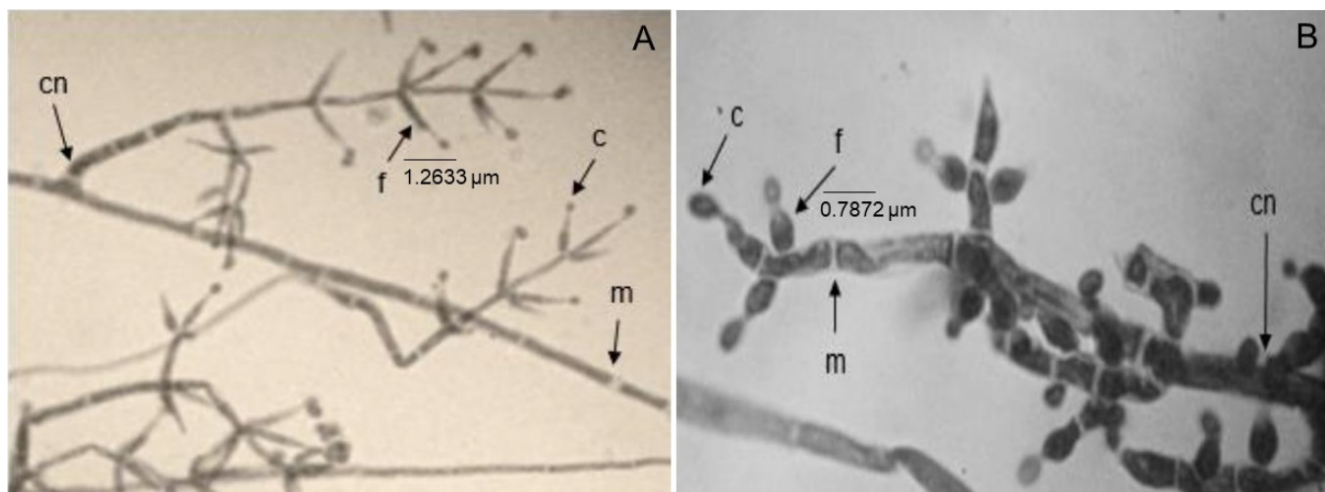


Figura 3. Identificación morfológica de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. Micelio septado (m), conidióforos (cn), fiálides (f) y conidios (c). (A) Cepa nativa SS1-6 y (B) cepa nativa SS2-5, 100x.

la cepa SS2-5 midieron en promedio 0,31 μm de largo y 0,149 μm de ancho. Las fiálides 0,787 μm de largo y 0,250 μm en su base (Cuadro 2). Guigón-López *et al.* (2010) determinaron que seis cepas nativas seleccionadas morfológicamente fueron similares a *T. harzianum* y a *T. viride*. Las cepas nativas TC74, TC74M y T341 desarrollaron colonias cuyas características, en conjunto con el patrón de ramificación y morfología de los conidióforos, color y forma de los conidios fueron similares a las características de *T. harzianum*. Mientras que las cepas T359 y T479 mostraron características similares a las descritas para *T. viride*.

Identificación molecular de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. a nivel de especie

Las secuencias de nucleótidos obtenidas y alineadas mediante la base de datos GenBank (NCBI 2019) mostraron que las cepas nativas obtenidas pertenecen a dos especies del género *Trichoderma* spp. La cepa SS1-6 se alineó con el aislamiento con número de acceso KR995108.1 correspondiente a *T. tomentosum* Bissett. La cepa SS2-5 se alineó con el aislamiento con el código de acceso MH863657.1 con 100 % correspondiente a *T. barbatum* Samuels (Cuadro 3). En la actualidad existen alrededor de 348 especies de este género (COL 2018). Sin embargo, su

Cuadro 2.- Identificación morfológica de las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Cepas nativas	Conidios					
	Largo (μm)			Ancho (μm)		
	Máximo	Mínimo	X*	Máximo	Mínimo	X*
SS1-6	0,35	0,09	0,232	0,24	0,04	0,161
SS2-5	0,65	0,12	0,31	0,36	0,06	0,149
Cepas nativas	Fiálides					
	Largo (μm)			Bases (μm)		
	Máximo	Mínimo	X*	Máximo	Mínimo	X*
SS1-6	1,76	0,86	1,263	0,25	0,06	0,124
SS2-5	1,84	0,3	0,787	0,79	0,08	0,25

* promedio de 30 estructuras de las cepas nativas de *Trichoderma* spp

Cuadro 3.- Identificación molecular de las cepas nativas de *Trichoderma* spp., alineadas con especies mantenidas en el GenBank.

Cepas nativas	Cebadores	Nucleótidos (#)	Especies identificadas	Número de acceso GenBank	Similitud (%)	Datos de las accesiones	
						Hospedero / sustrato	Origen geográfico
SS1-6	ITS4	571	<i>T. tomentosum</i>	KR995108.1	100	Colección	Lituania
	ITS5	571	<i>T. tomentosum</i>	KR995108.1	100	-	-
SS2-5	ITS4	574	<i>T. barbatum</i>	MH863657.1	99,83	raíz de <i>Fragaria</i> sp.	Michigan USA
	ITS5	573	<i>T. barbatum</i>	MH863657.1	100	-	-

utilización como agentes para el control biológico de enfermedades se limitan para pocas especies entre ellas encontramos: *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. viridae*, *T. hamantum*, *T. reesei* y *T. koningii* (Martínez *et al.* 2013, Duarte-Leal *et al.* 2018).

En la actualidad se encuentran pocos estudios relacionados con el uso de las especies *T. tomentosum* y *T. barbatum* como agentes biológicos en plantas. Herrera-Jiménez *et al.* (2018) compararon el efecto de dos cepas de *Trichoderma* (*T. tomentosum*: EMMFRS1C2 y *T. harzianum*: MichV6S3C2) productoras de indol con respecto a la aplicación de dos fitohormonas exógenas IAA (ácido indolacético) e IBA (ácido indol-3-butírico) en el crecimiento de plantas de maíz. Según los parámetros evaluados tales como altura, longitud de la raíz, área de la hoja, raíz, tallo y peso seco total, las mejores respuestas de crecimiento en las plantas se lograron en las plantas inoculadas con conidios de las cepas de *T. tomentosum* (EMMFRS1C2) y *T. harzianum* (MichV6S3C2). En otro estudio realizado por Hicks *et al.* (2014) demostraron que *T. barbatum* inhibe la enfermedad causada por *Rhizoctonia* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* Bert. ex Walp.) en condiciones controladas. A su vez promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Determinación de los mecanismos de acción in vitro de *Trichoderma* spp. contra el hongo fitopatógeno *R. necatrix*

Competencia

En el crecimiento antagonico de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. en el cultivo dual con *R. necatrix* se observó que ambas cepas (SS1-6 y SS2-5) lograron su

primer contacto con el patógeno a partir del tercer y cuarto día, después del proceso de inoculación e incubación del cultivo dual. No se observaron diferencias significativas entre ambos tratamientos (Figura 4).

Sin embargo, según la clasificación de antagonismo descrito por Ruíz (2011), la cepa SS1-6 se clasifica en la clase 1, con marcadas diferencias respecto a la cepa SS2-5. Por otra parte, en la cepa SS1-6 se obtuvieron los mayores valores en el área de intersección del hongo antagonista (5,51 cm²). Se logró la menor área de crecimiento micelial del patógeno (5,51 cm²) y un porcentaje de inhibición de 89 %, con diferencias significativas en relación a la cepa SS2-5 y con el tratamiento control (Cuadro 4).

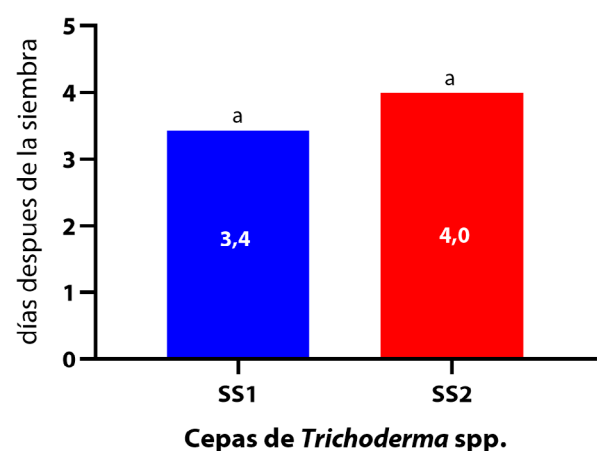


Figura 4. Crecimiento antagonico de las cepas nativas de *Trichoderma* spp. en el cultivo dual con *Rosellinia necatrix*. Medias con letras iguales indican que no existe diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, LSD: P>0,05).

Cuadro 4.- Área de crecimiento micelial de *Rosellinia necatrix* en cultivos duales con *Trichoderma* spp., después de 15 días de inoculación de ambos microorganismos.

Cepas nativas	Clasificación de antagonismo [†]	Área de intersección (cm ²) [†]	Área de crecimiento micelial (cm ²) [†]	Inhibición (%) [*]
SS1-6	1a	5,51a	5,51a	89,0
SS2-5	4,29b	8,88a	15,27b	69,3
Testigo	No aplica	No aplica	49,81c	No aplica

[†]: cifras con diferente literal indican diferencias estadísticas significativas. ^{*} respecto al testigo. Medias con letras iguales indican que no existe diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, LSD: P>0,05).

Trichoderma spp. presenta distintos mecanismos de acción para ejercer su antagonismo. Lo cual depende de las características de la cepa, del patógeno; y de las condiciones ambientales. Puede actuar por medio de competencia, antibiosis, micoparasitismo, inducción de resistencia sistémica y estimulación de crecimiento vegetal (Waghunde *et al.* 2016). En este sentido, Alonso *et al.* (2018) aislaron cepas nativas de *Trichoderma* spp., y probaron el efecto *in vitro* frente a *R. necatrix* y *Verticillium dahlia*. Ambos, organismos patógenos importantes en el cultivo de rosa (*Rosa* spp.), en la región florícola del sur del Estado de México. En dicho estudio determinaron el grado de competencia por medio de cultivo dual y metabolitos volátiles de las diferentes cepas de *Trichoderma* spp. (SS1, SS2, y Cu-B).

Los resultados mostraron que las cepas SS1 y Cu-B en el cultivo dual presentaron los mayores porcentajes de inhibición respecto a ambos agentes patógenos. Sin embargo, en el efecto de metabolitos volátiles las cepas SS2 y Cu-B alcanzaron los mejores porcentajes de inhibición con respecto a los hongos fitopatógenos evaluados. Ello indicó que las cepas de *Trichoderma* presentan diferentes mecanismos de acción *in vitro*. Estos resultados evidencian la importancia de realizar estudios previos para la selección de la cepa según su especificidad y mecanismo de acción con la finalidad de garantizar el éxito en la formulación y su posterior aplicación en campo.

Por otro lado, Sanabria y Graboswski (2016) evaluaron el efecto de aislados nativos de *Trichoderma* spp. para el control del patógeno radicular *Rosellinia* sp., en condiciones *in vitro* y *ex vitro*, en el cultivo de macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden y

Betche). En condiciones *in vitro* los aislados nativos de *Trichoderma* spp. obtenidos de diferentes parcelas productoras de macadamia presentaron diferencias en cuanto a la velocidad de crecimiento; el grado de sobreposición micelial; y su capacidad de inhibición de crecimiento *in vitro* de *Rosellinia* sp. Los aislados seleccionados de *Trichoderma* spp. que presentaron mayor potencial antagónico contra *Rosellinia* sp. fueron: GS13, GS18, GS10, GS8, GS4, GS1, GS11, GS6, GS19, GS2, GS15, GS9, GS14, GS12, GS7, GS4 y GS3. La inhibición en el crecimiento *in vitro* para este patógeno se logró en un intervalo de 42,8 a 80,2 %.

Antibiosis por metabolitos volátiles

El efecto de los metabolitos volátiles con actividad antifúngica secretados por las cepas nativas de *Trichoderma* spp. se evidenció en ambas cepas (SS1-6 y SS2-5) con marcadas diferencias respecto al tratamiento control. El mayor porcentaje de inhibición se logró en la cepa SS2-5 (48,3 %) (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Efecto de los metabolitos volátiles con actividad antifúngica secretados por las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Cepas nativas	Área de crecimiento micelial del patógeno (cm ²) [†]	Inhibición (%) [*]
SS1-6	21,41a	45,7
SS2-5	20,36a	48,3
Testigo	39,4b	No aplica

[†]: cifras con diferente literal indican diferencias estadísticas significativas. ^{*} respecto al testigo. Medias con letras iguales indican que no existe diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, LSD: P>0,05).

Qualhato *et al.* (2013) evaluaron el antagonismo y la producción de enzimas hidrolíticas de cuatro especies de *Trichoderma* contra varios patógenos de plantas entre ellos: *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Los resultados mostraron que las especies *T. harzianum* y *T. asperellum* fueron los antagonistas más efectivos contra los patógenos de plantas probados.

Por otra parte, la mayoría de las especies de *Trichoderma* probadas produjeron metabolitos volátiles tóxicos con efectos significativos en la inhibición del crecimiento y desarrollo de los patógenos vegetales mencionados. Arjona-Girona *et al.* (2014) determinaron el efecto de metabolitos de diferentes cepas de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento de *R. necatrix*, agente causal de la pudrición de la raíz blanca en el aguacate. Los resultados demostraron que los metabolitos secundarios 6PP (6-pentyl- α -pyrone), cerinolactona (3-hidroxi-5-(6-isopropil-3-metilen-3,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidronaftalen-2-il) dihidrofuran-2-ona) y T39 butenólido (4-hexa-2,4-dienil-3-(2-oxo-propil)-5H-furan-2-ona) de la cepa *T. atroviride* presentaron elevada efectividad contra *R. necatrix* inhibiendo entre el 25 y 91 % de crecimiento micelial del patógeno.

Antibiosis por metabolitos difusibles

El efecto de los metabolitos difusibles con actividad antifúngica secretados por las cepas nativas de *Trichoderma* spp. no presentó diferencias entre los tratamientos. Sin embargo, se obtuvo el mayor porcentaje de inhibición del patógeno en el tratamiento donde se utilizó la cepa SS2-5 (13,4 %) con diferencias marcada respecto a la cepa SS1-6. Por otra parte, no se encontró efecto de los metabolitos difusibles respecto al porcentaje de estimulación en las cepas nativas estudiadas (Cuadro 6).

Las propiedades antagonistas de este hongo se basan en la activación de múltiples mecanismos que también promueven la producción de compuestos y metabolitos específicos que funcionan como factores de crecimiento vegetal, y mejoran su resistencia sistémica frente a las enfermedades en plantas (Hernández-Melchor *et al.* 2019).

Micoparasitismo

El micoparasitismo del microorganismo antagonista sobre *R. necatrix* se evidenció sólo en la cepa SS1-6.

Cuadro 6.- Efecto de los metabolitos difusibles con actividad antifúngica secretados por las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Cepas nativas	Área de crecimiento micelial (cm ²) [†]	Inhibición (%) [*]	Estimulación (%)
SS1-6	41,08a	3,54	0
SS2-5	36,89a	13,4	0
Testigo	42.59a	No aplica	No aplica

[†]: cifras con diferente literal indican diferencias estadísticas significativas. ^{*} respecto al testigo. Medias con letras iguales indican que no existe diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, LSD: P>0,05).

El micelio de *T. tomentosum* (cepa SS1-6) se observó enrollando el micelio del patógeno. Igualmente se apreció la lisis celular de *R. necatrix* (Figura 5). Diferentes estudios indican que el proceso del micoparasitismo constituye el principal mecanismo antagonista mostrado por *Trichoderma*. Este inicia cuando el hongo antagonista reconoce al hospedador y se une a las hifas por apresorios. Luego, degrada la pared celular secretando enzimas; en especial la quitinasa y la β -1,3-glucanasas, celulasas, proteasas y fosfatasas (Qualhato *et al.* 2013).

En los ensayos de confrontamiento Peláez-Álvarez *et al.* (2016) mostraron la capacidad de *T. asperellum* (T8a) para inhibir el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* (ATCCMYA456) en un 91 %. Esto a través de mecanismos micoparasíticos observando un sobrecrecimiento en el hongo fitopatógeno por la cepa T8a, evidenciando la capacidad antagonista como alternativa promisorio de control de origen microbiano contra el agente causal de la antracnosis en el mango (de los Santos-Villalobos *et al.* 2013).

Martínez-Martínez *et al.* (2020), en las cepas T1 y T2 de *T. harzianum* demostraron microscópicamente los mecanismos de micoparasitismo sobre ocho cepas de fitopatógenos. Por lo general se observó enrollamiento, penetración y vacuolización. El comportamiento micoparasítico observado en la cepa SS1-6 ha sido evidenciado para el género *Trichoderma* (estado teleomorfo: Hypocrea). Esta capacidad para micoparasitar mediante la biosíntesis de enzimas líticas se ha utilizado de forma amplia para la protección de plantas contra diversas enfermedades fúngicas (Atanasova *et al.* 2013).

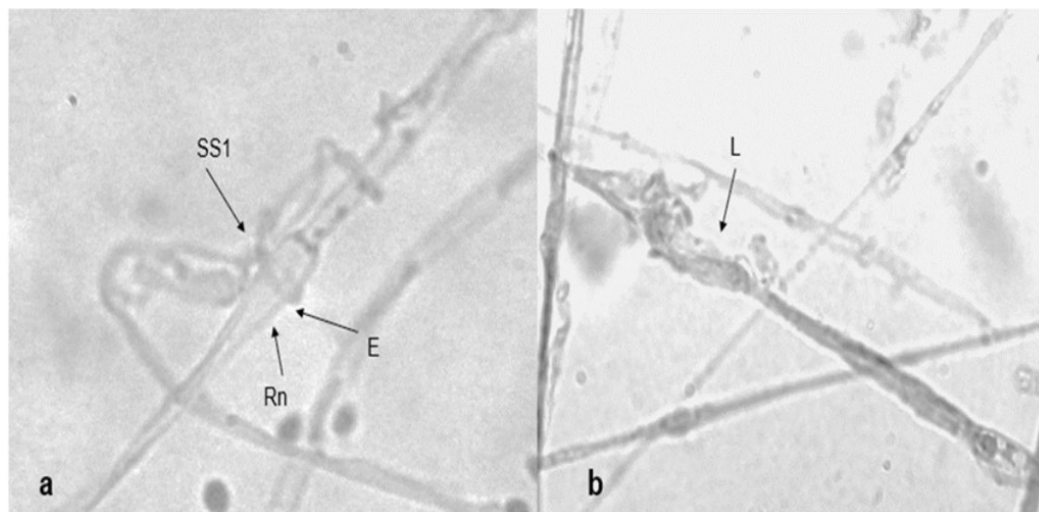


Figura 5. Micoparasitismo de *Trichoderma tomentosum* en el patógeno. (a) Micelio de *T. tomentosum* (SS1-6) enrollando (E) al micelio de *R. necatrix* (Rn). (b) Lisis (L) del micelio de *R. necatrix* (B), 100x.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron dos cepas nativas *T. tomentosum* (SS1-6) y *T. barbatum* (SS2-5). Los mecanismos de antagonismos evidenciados por ambos antagonistas fueron competencia, antibiosis por metabolitos volátiles y difusibles. El micoparasitismo sólo se observó en la cepa nativa SS1-6. Se obtuvo el mayor porcentaje de inhibición en la cepa SS1-6.

En ambas cepas se evidenció efecto de los metabolitos volátiles con actividad antifúngica secretados. El efecto de los metabolitos difusibles con actividad antifúngica secretados por el antagonista se logró mayor porcentaje de inhibición del patógeno con la cepa SS2-5. Ambas cepas mostraron ser promisorias para su utilización en el control de *R. necatrix* en el cultivo de la rosa en la región sur del Estado de México.

LITERATURA CITADA

- Allori-Stazzonelli, E; Yasem, MG; Ploper, LD. 2014. Inhibición de *Sclerotinia sclerotiorum* por metabolitos volátiles y no volátiles producidos por especies nativas del género *Trichoderma* (en línea). Revista Agronómica del Noroeste Argentino 34(2):197- 199. Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3vLt9DI>
- Alonso, A; López, H; Domínguez, G; García, R. 2018. Actividad antagónica de cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre *Rosellinia necatrix* y *Verticillium dahlia* (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 36(3):S27-S28. Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3cTQEBt>
- Arcia, A. 1995. Uso de antagonistas en el control de fitopatógenos del suelo. In Control microbial de insectos plagas y enfermedades en cultivos. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA), Barquisimeto, Venezuela. p. 185-204.
- Arjona-Girona, I; Vinale, F; Ruano-Rosa, D; Lorito, M; López-Herrera, C.J. 2014. Effect of metabolites from different *Trichoderma* strains on the growth of *Rosellinia necatrix*, the causal agent of avocado White root rot (en línea). European Journal of Plant Pathology 140(2):385-397. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2Olvrn5>
- Askew, DJ; Lang, MD. 1993. An adapted selective medium for the quantitative isolation of *Trichoderma* species (en línea). Plant Pathology 42(5):686-690. Consultado 22 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3vGyOud>
- Atanasova, L; Le Crom, S; Gruber, S; Coulpier, F; Seidl-Seiboth, V; Kubicek, CP; Druzhinina, IS. 2013. Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma* mycoparasitism (en línea). BMC Genomics 14:121. Consultado 18 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3cORq2x>

- Barnett, HL; Hunter, BB. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi (4 ed.). Macmillan Publishing Co. New York, EUA. 218 p.
- Bell, DK; Wells, HD; Markaham, CR. 1982. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens (en línea). Phytopathology 72:379-382. Consultado 10 dic. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3lw0TQe>
- COL (Catalogue of Life, Netherlands). 2018. Catalogue of life: 2018 Annual Checklist (en línea). Consultado 18 may. 2019 Disponible en <https://bit.ly/3lzbkN>
- Companion-González, B; Domínguez-Arismendi, G; García-Velasco, R. 2019. *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura (en línea). Revista Biotecnología Vegetal 19(4):237-248. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3cOvCnD>
- de los Santos-Villalobos, S; Guzmán-Ortiz, DA; Gómez-Lim, MA; Délano-Frier, JP; de Folter, S; Sánchez-García, P; Peña-Cabriales, JJ. 2013. Potential use of *Trichoderma asperellum* (Samuels, Liechfeldt et Nirenberg) T8a as a biological control agent against anthracnose in mango (*Mangifera indica* L.) (en línea). Biological Control 64(1):37-44. Consultado 7 nov. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3r2WEgh>
- Dennise, C; Webster, J. 1971. Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma*: I. Production of volatile antibiotics (en línea). Transaction of the British Mycological Society 57:25-39. Consultado 22 oct. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3vFEN2q>
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2017. Infostat (en línea, programa informático). Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Consultado 10 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3l4HBjN>
- Duarte-Leal, Y; Pozo-Martínez, L; Martínez-Coca, B. 2018. Antagonismo *in vitro* de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Liechfeldt & Nirenberg frente a aislados de *Fusarium* spp. (en línea). Revista de Protección Vegetal 33(1):1-10. Consultado 9 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2NzkOKJ>
- Gams, W; Bissett, J. 2002. Basic biology, taxonomy and genetics. In Kubicek, C; Harman, G. (eds.). *Trichoderma and Gliocladium* Vol. 1. Taylor & Francis p. 3-31. ISBN 0-7484-0572-0. Consultado 13 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3r9ldHh>
- García C, J; George, A; Argyle, T; Hoopen, M; Krauss, U. 2005. ¿Existe la tolerancia genética del Cacao (*Theobroma cacao*) a *Rosellinia bunodes* y *Rosellinia pepo*? (en línea). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 75:21-31. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/313twL2>
- García-Velasco, R; Domínguez-Arismendi, G; Chavarro-Carrero, EA; Mora-Herrera, ME. 2017. Pathogenicity of *Verticillium dahliae* Klebahn in rootstock rose cv. Manetti (en línea). 2017 APS Annual Meeting, San Antonio, Texas. p.S5-113. Consultado 5 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3sCGiMQ>
- García-Velasco, R; González-Díaz, JG; Domínguez-Arismendi, G; Ayala-Escobar, V; Aguilar-Medel, S. 2012. *Rosellinia necatrix* en *Rosa* sp. y su evaluación a sensibilidad de fungicidas (en línea). Revista Chapingo Serie Horticultura 18(1):39-54. Consultado 11 ago. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3rZlGhw>
- Guigón L, C; González G, PA. 2004. Selección de cepas nativas de *Trichoderma* spp. con actividad antagonica sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annum* L.) (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 22(1):117-124. Consultado 12 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3s3jDJx>
- Guigón-López, C; Guerrero-Prieto, V; Vargas-Albores, F; Carvajal-Millán, E; Ávila-Quezada, GD; Bravo-Luna, L; Ruocco, M; Lanzuise, S; Woo, S; Lorito, M. 2010. Identificación molecular de cepas nativas de *Trichoderma* spp. su tasa de crecimiento *in vitro* y antagonismo contra hongos fitopatógenos (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 28(2):87-96. Consultado 22 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3c28TW9>
- Hall, TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symposium 41:95-98.
- Hernández-Melchor, DJ; Ferrera-Cerrato, R; Alarcón, A. 2019. *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para

- producir biomasa y enzimas de interés industrial (en línea). Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences 35(1):98-112. Consultado 19 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2OWF801>
- Herrera-Jiménez, E; Alarcón, A; John, L; Ferrera-Cerrato, R; Cruz-Izquierdo, S; Ferrera-Rodríguez, MR. 2018. Comparative effects of two indole-producing *Trichoderma* strains and two exogenous phytohormones on the growth of *Zea mays* L., with or without tryptophan (en línea). Journal of Soil Science and Plant Nutrition 18(1):188-201. Consultado 11 ago. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3s8NEHE>
- Hicks, E; Bienkowski, B; Braithwaite, M; Mclean, K; Fallon, R; Stewart, A. 2014. *Trichoderma* strains suppress *Rhizoctonia* diseases and promote growth of potato (en línea). Phytopathologia Mediterranea 53(3):502-514. Consultado 11 ago. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3rD54ez>
- Howell, CR. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts (en línea). Plant Disease 87(1):4-10. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3s7PAjz>
- Ibarra-Medina, VA; Ferrera-Cerrato, R; Alarcón, A; Lara-Hernández, ME; Valdez-Carrasco, JM. 2010. Aislamiento y selección de cepas de *Trichoderma* antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* y *Sclerotinia minor* (en línea). Revista Mexicana de Micología 31:53-63. Consultado 13 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2PetLk5>
- Martínez, B; Infante, D; Reyes, Y. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en cultivos (en línea). Protección vegetal 28(1):1-11. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3s4d8pE>
- Martínez-Bolaños, M; Nieto-Angel, DA; Teliz-Ortiz, D; Rodríguez-Alcázar, J; Martínez-Damian, MT; Vaquera-Huerta, H; Carrillo M, O. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch) de cultivares mexicanos y estadounidenses (en línea). Revista Chapingo Serie Horticultura 14(2):113-119. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/317dpfu>
- Martínez-Martínez, TO; Guerrero-Aguilar, BZ; Pecina-Quintero, V; Rivas-Valencia, P; González-Pérez, E; Angeles-Núñez, JG. 2020. *Trichoderma harzianum* antagonism against chickpea fusariosis and its biofertilizing effect (en línea). Revista Mexicana Ciencias Agrícolas 11(5):1135-1147. Consultado 13 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3r7lFa0>
- Mihuta-Grimm, L; Rowe, C. 1986. *Trichoderma* spp. as biocontrol agents of *Rhizoctonia* damping off of radish in organic soil and comparison of four delivery systems (en línea). Phytopathology 76(3):306-312. Consultado 19 jun. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3lD30Sr>
- NCBI (National Center for Biotechnology Information, USA). 2019. GenBank Resources (en línea, página web). Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3cYtJfJ>
- Peláez-Álvarez, A; de los Santos-Villalobos, S; Yépez, EA; Parra-Cota, FI; Reyes-Rodríguez, RT. 2016. Efecto sinérgico de *Trichoderma asperellum* T8A y Captan 50® contra *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(6):1401-1412. Consultado 9 jun. 2019. Disponible en <https://bit.ly/392udZ>
- Pérez-Jiménez, RM. 2006. A review of the biology and pathogenicity of *Rosellinia necatrix* - The cause of white root rot disease of fruit trees and other plants (en línea). Journal of Phytopathology 154(5):257-266. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2P8CPqx>
- Pineda-Insuasti, JA; Benavides-Sotelo, EN; Duarte-Trujillo, AS; Burgos-Rada, CA; Soto-Arroyave, CP; Pineda-Soto, CA; Fierro-Ramos, FJ; Mora-Muñoz, ES; Álvarez-Ramos, SE. 2017. Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp: una revisión (en línea). ICIDCA sobre los Derivados de la Caña de Azúcar 51(1):47-52. Consultado 11 may. 2018. Disponible en <https://bit.ly/31290ui>
- Qualhato, TF; Lopes, FAC; Steindorff, AS; Brandao, RS; Jesuino, RSA; Ulhoa, CJ. 2013. Mycoparasitism studies of *Trichoderma* species against three phytopathogenic fungi: evaluation of antagonism and hydrolytic enzyme production (en línea). Biotechnology letters 35(9):1461-1468. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3s3ZYTh>

- Ramírez, RM; Urzúa, HMC; Camacho, CA; Tsuzuki, RG; Esquivel, R. 2015. Técnicas básicas de microbiología y su fundamento. Editorial Trillas. México. 375 p.
- Ruiz, RA. 2011. Captura, actividad biológica e identificación de volátiles de la interacción *Trichoderma asperellum* - *Sclerotium rolfsii* (en línea). Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Yautepec, México. 81 p. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3cVPCVC>
- Samaniego-Fernández, LM; Harouna, M; Corbea, O; Rondón-Castillo, AJ; Placeres-Espinoza, I. 2018. Aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. antagonistas de patógenos del suelo (en línea). Revista de Protección Vegetal 33(3):1-11. Consultado 9 nov. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3lAyMPQ>
- Sanabria, A; Graboswski, C. 2016. Control biológico de *Rosellinia* sp. causantes de la muerte súbita de macadamia (*Macadamia integrifolia*) con aislados de *Trichoderma* spp. (en línea). Investigación Agraria 18(2):77-86. Consultado 5 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3s9F1ga>
- Schneider, CA; Rasband, WS; Eliceiri, KW. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis (en línea). Nature Methods 9:671-675. Consultado 22 oct. 2019 Disponible en <https://doi.org/gcwb4q>
- Schirawski, J; Perlin, MH. 2018. Plant-microbe interaction 2017: The good, the bad and the diverse (en línea). International Journal Molecular Sciences 19(5):1374. Consultado 5 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2Pc8QOD>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México). 2018. Avance de siembra y cosechas resumen por estado (en línea, pág. web). Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://bit.ly/314S06>
- SIAMI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet, México). 2019. Sistema de información arancelaria vía internet (en línea, pág. web). Consultado 22 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3vMXzFi>
- Stringlis, IA; Zhang, H; Pieterse, CMJ; Bolton, MD; Jonge, R. 2018. Microbial small molecules - weapons of plant subversion (en línea). Natural Product Reports 35:410-433. Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://rsc.li/3f2dmtN>
- Waghunde, RR; Shelake, RM; Sabalpara, AN. 2016. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment (en línea). African Journal of Agricultural 11(22):1952-1965. Consultado 22 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3s8ioJ5>
- White, TJ; Bruns, T; Lee, S; Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In Innis, MA; Gelfand, DH; Sninsky, JJ; White, TJ. (eds.). PCR protocols: A guide to methods and applications. San Diego, California, EUA. Academic Press. p. 315-322. Consultado 18 ago. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3c5ScJb>
- Youssef, S; Tartoura, K; Abdelraouf, G. 2016. Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on disease suppression, stimulation of ROS-scavenging enzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani* (en línea). Biological Control 100:79-86. Consultado 9 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3c8h3fO>

Requerimiento hídrico y edad de trasplante de la berenjena *Solanum melongena* L. bajo riego por goteo en el Valle del Rio Guarapiche.

José Alexander Gil-Marín^{1*} , Nelson José Montaña-Mata^{2 †}, Gerobohan José Pérez-Córcega¹

¹ Universidad de Oriente (UDO), Departamento de Ingeniería Agrícola, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Maturín, Venezuela. ² Universidad de Oriente (UDO), Departamento de Agronomía, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Maturín, Venezuela. * Correo electrónico: jalexgil2005@hotmail.com

Resumen

Con la finalidad de investigar la respuesta del desarrollo de frutos de berenjena (*Solanum melongena* L.) cultivar Long purple a diferentes regímenes de manejo del agua de riego y edades de trasplante, se realizó un experimento en el sector San Vicente, Municipio Maturín, Estado Monagas, Venezuela, entre los meses de junio-septiembre de 2015. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, con un arreglo de parcelas divididas, donde las parcelas principales fueron las diferentes láminas de riego y las subparcelas las dos edades de trasplante. Se aplicaron ocho tratamientos que resultaron de la combinación de las edades de trasplante, edad 1 (30 días) y edad 2 (40 días), y cuatro criterios de riego consistentes en reemplazar el equivalente de 60 %, 80 %, 100 % y 120 % de la evapotranspiración del cultivo (ETc). Se utilizó un tanque evaporímetro tipo "A" para estimar la evapotranspiración de plantas de berenjena. Se evaluaron diferencias en número de frutos, longitud, diámetro y peso de los frutos para determinar la respuesta de los trasplantes a los diferentes tratamientos de riego. Se observó que la lámina de riego del 120 % y la edad de trasplante de 40 días mejoraron la calidad de los frutos de berenjena. Las variables más afectadas fueron el peso y el número de frutos.

Palabras claves: eficiencia del uso del agua, evapotranspiración, riego por goteo, calidad del fruto

Eggplant *Solanum melongena* L. water requirement and transplant age under drip irrigation in the Guarapiche River Valley.

Abstract

In order to investigate the fruit development response of the eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivar Long purple to varying irrigation water management regimes and transplant ages, an experiment was set up in the San Vicente sector, Maturín Municipality, Monagas State, Venezuela, between the months of June-September 2015. An experimental design of randomized blocks with three repetitions was used, with an arrangement of divided plots, where the main plots were the different irrigation sheets and the subplots the two transplant ages. Eight treatments were applied that resulted from the combination of the transplant ages, age 1 (30 days) and age 2 (40 days), and four irrigation criteria consisting of replacing the equivalent of 60 %, 80 %, 100 %, and 120 % of crop evapotranspiration (ETc). A type "A" evaporimeter tank was used to estimate the evapotranspiration of the eggplants. Differences in the number of fruits, length, diameter, and weight of the fruits were evaluated to determine the response of the transplants to the different irrigation treatments. It was observed that the irrigation sheet of 120 % and the transplant age of 40 days enhanced the quality of the eggplant fruits. The most affected variables were weight and number of fruits.

Keywords: water use efficiency, evapotranspiration, drip irrigation, fruit quality.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global y la creciente competencia por el agua dulce pueden tener graves impactos en los recursos hídricos y en el sector agrícola en un futuro próximo. El acceso al agua de riego es clave para reducir los impactos de la variabilidad y el cambio climático en la seguridad alimentaria. El riego es una práctica cada vez más importante para la agricultura sostenible en las regiones áridas y semiáridas (Fernández *et al.* 2020).

Para resolver el problema de la escasez de agua en la agricultura, es necesario desarrollar tecnologías de gestión de ahorro de agua. Una de las principales razones de la baja cobertura de riego es el uso predominante del método de riego por inundación (convencional), donde la eficiencia del agua es muy baja. En los últimos años, sin embargo, la creciente competencia por los escasos recursos hídricos ha llevado a aplicar técnicas modificadas para maximizar la eficiencia del agua y mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Mohamed *et al.* 2020).

El método de riego por goteo es muy eficiente para suministrar agua de riego de forma precisa porque solo humedece la zona de desarrollo de la raíz de cada planta y, por lo tanto, se adapta a gran escala a varios cultivos hortícolas. En este método, el agua se suministra a un ritmo más lento durante un período de tiempo más largo a intervalos regulares a través de un sistema de suministro de baja presión, para satisfacer la demanda de evapotranspiración del cultivo. Además, el sistema de riego por goteo aplica agua lentamente para mantener la humedad del suelo dentro del rango deseado de crecimiento de las plantas (Ranjan *et al.* 2018).

La respuesta óptima de los cultivos al riego por goteo se debe al funcionamiento del sistema en el que el agua se suministra mediante goteros en un proceso lento durante un período relativamente largo. Este proceso permite un mejor control y distribución del agua a través del perfil del suelo, por lo tanto, se reducen las pérdidas por evaporación y percolación profunda y los cultivos pueden utilizar casi toda el agua entregada.

Se han realizado muchas investigaciones en todo el mundo sobre los efectos del riego en la calidad del fruto y rendimiento de cultivos principalmente

hortícolas (Ferreles y Soriano 2007, Nagaz *et al.* 2012, Sezen *et al.* 2014, Bozkurt Çolak *et al.* 2017). Existen varios estudios sobre riego de berenjena (*Solanum melongena* L.) realizados en diferentes países (Chartzoulakis y Drosos 1995, Aujla *et al.* 2007, Gaveh *et al.* 2011, Karam *et al.* 2011) que indican que este cultivo puede reducir su potencial hídrico a niveles moderados de estrés por sequía sin tener mucho impacto en la calidad de sus frutas. Kirnak *et al.* (2002) y Chaves *et al.* (2003) informaron una disminución en el rendimiento de berenjenas en respuesta al aumento de los niveles de estrés hídrico del suelo.

Lovelli *et al.* (2007) demostraron que la sensibilidad al estrés hídrico de las berenjenas se expresaba en reducciones elevadas de rendimiento comercial y una caída en la productividad del agua. En la berenjena, los períodos más críticos para el riego son durante la floración y la formación de frutos (Blum 2005). El tamaño y rendimiento de la fruta, así como el rendimiento de biomasa, se reducen por el estrés hídrico. La berenjena necesita condiciones uniformes de humedad del suelo para una alta producción de frutos y los períodos secos pueden provocar desprendimiento de flores y frutos jóvenes (Díaz-Pérez y Eaton 2015).

La berenjena es una hortaliza de verano importante en la región oriental de Venezuela (Montaño *et al.* 2009). La práctica de los agricultores de aumentar la cosecha con 10 o más riegos por el método de superficie conduce a una alta demanda de agua. Sin embargo, la disponibilidad de agua de riego en los meses más secos es el principal factor limitante para mejorar la productividad de los cultivos en la región. Por lo tanto, se debe priorizar el uso eficiente del agua para aumentar la productividad del agua. El sistema de goteo puede ser una alternativa al riego convencional por su aplicación precisa y directa de agua en la zona radicular. La dependencia del rendimiento de los cultivos por el suministro de agua es un problema crítico debido a que los recursos hídricos son cada vez más limitados para el riego.

El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar los efectos de varios regímenes de riego por goteo y la edad de trasplante sobre la calidad del fruto de berenjena (*S. melongena* L.) cultivada en el sistema de riego Perú-San Vicente de Maturín, Estado Monagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un sector del sistema de riego Perú - San Vicente, municipio Maturín, estado Monagas, Venezuela; entre los meses de marzo y septiembre del 2015. Su ubicación geográfica está comprendida entre los 9°44'37'' de latitud Norte y los 63°15'59'' de longitud Oeste, a una altitud de 51 m.s.n.m. El clima de la zona según la clasificación de Holdridge, es del tipo Bosque Seco Tropical, caracterizado por presentar una estación lluviosa de mayo a diciembre y una estación seca de enero a abril, con una precipitación media anual de 1.219,6 mm, una temperatura media anual de 25,9 °C, con una evapotranspiración potencial de 1.372 mm y una evaporación de 1.573 mm al año.

El suelo predominante es de textura franco arenosa y se clasifican taxonómicamente como Ultisol (*paleustults*), que se caracteriza por ser muy lixiviado, con pH de 4,7; baja capacidad de intercambio catiónico y bajo porcentaje de materia orgánica (Gil *et al.* 2014) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo en el sector de San Vicente, municipio Maturín, estado Monagas, Venezuela.

Características	Valor	Método
Textura	Fa	Bouyoucos
pH	4,70	Potenciómetro
Materia Orgánica (%)	3,37	Walkley y Blank
CE (micro S.m ⁻¹)	192,40	Conductímetro

Fuente: Elaborado con base en Gil *et al.* (2014).

Se utilizó el cultivar de berenjena Long purple a un espaciamiento de 0,3 m. El experimento se estableció como un diseño de bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones y ocho tratamientos, producto de cuatro niveles del factor riego como parcela principal (60, 80, 100 y 120% ETc) y dos niveles de la edad de trasplante como sub-parcela (30 y 40 días). La programación del riego se realizó en días alternos sobre la base de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) y los coeficientes del cultivo (Kc).

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) se estimó utilizando el método de la tina de evaporación tipo A de la FAO. La lectura diaria de evaporación registrada en la tina clase A se convirtió a ET de referencia (ETo) al multiplicar por el coeficiente de la tina (Kp) de (0,75); valor obtenido después de considerar la humedad relativa y la velocidad del viento predominante de la zona. Por último, la ET del cultivo (ETc) se obtuvo multiplicando ETo por el coeficiente del cultivo (Kc): $ETc = ETo \times Kc$, como lo recomienda Allen *et al.* (1998). Los valores de Kc locales estimados para riego por goteo y berenjena en este estudio fueron 0,3; 0,85; 1,10 y 0,95 para las diferentes etapas del cultivo. Cada etapa duró 30 días. Una vez calculada ETc, la lámina de riego aplicada en cada tratamiento, consistió en un porcentaje de 60, 80, 100 y 120 % de la misma.

Las parcelas principales estuvieron constituidas por cuatro laterales de 10 m de longitud, separadas a 1 m entre ellos, con goteros de riego cada 0,33 m, considerándose para efectos de evaluación solo las dos hileras centrales.

Se instaló un sistema de riego por goteo con goteros integrados tipo Flat dripper line marca Aquadrop®, con un espesor de pared de 0,3 mm y un caudal de 1,0 L/h. El área total del experimento fue de 448 m². El área de las parcelas principales fue de 30 m² y las sub-parcelas de 5 m². La preparación del terreno, se realizó con tres pases de rastra, con el objetivo de eliminar las malezas presentes y dar al suelo una soltura que permitiera el desarrollo del sistema radical del cultivo. Se surcó el terreno, con separación de 1,00 m.

Las plántulas fueron obtenidas en bandejas de germinación de 162 alvéolos, y el sustrato utilizado fue una mezcla de turba y sustrato de corteza de pino de Productos Forestales de Oriente, C.A. (PROFORCA), en una proporción de 3:1. Se realizó la siembra de la segunda edad (40 días después de la germinación; ddg y 53 días después de la siembra; dds) y la primera edad (30 días después de la germinación; ddg y 43 días después de la siembra; dds). La cantidad de semillas utilizada fue de 2 semillas por alvéolo para un total de 324 semillas por bandeja y 2.916 por todo el ensayo. La germinación se inició a los 13 días luego de la siembra.

La frecuencia de riego de las plántulas fue de dos veces al día, aplicándose una en la mañana y la otra en la tarde. El control de malezas, cuando la incidencia de estas lo requirió, se efectuó de forma manual o con herbicida. Asimismo, se realizó apropiado control fitosanitario del ensayo.

La fertilización se realizó a través del sistema de riego usando diariamente fertilizantes solubles de fórmula 27,5-49-0 durante los primeros 30 días y la fórmula 28-14-30 durante el resto de la etapa del cultivo. La cantidad de fertilizante aplicado estuvo en el rango de 200-500 g.día⁻¹. Se hicieron los ajustes necesarios en el sistema con el fin de mantener iguales las dosis aplicadas por planta, independientemente de los volúmenes empleados en cada tratamiento de riego.

Las berenjenas de cada parcela unitaria fueron cosechadas y se evaluaron las variables longitud del fruto (cm), diámetro del fruto (cm), número de frutos y peso de frutos frescos. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el Proc GLM (modelos lineales generales) procedimiento de SAS (SAS 2020) en un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. El análisis de varianza (ANOVA) se realizó para determinar las diferencias entre tratamientos para cada variable aplicable al diseño completo de bloques al azar dispuestos en procedimiento de parcelas divididas. Las medias de tratamiento se compararon con el procedimiento de Tukey al nivel de 0,05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos de riego sobre los componentes del rendimiento de la berenjena

Las propiedades físicas de la fruta, como número de frutos, longitud, el diámetro, el peso y, en última instancia, el rendimiento, se consideran los parámetros más importantes a considerar en la obtención de los mejores beneficios económicos para los agricultores. El efecto negativo de las condiciones de déficit de riego sobre estos atributos de calidad física está bien establecido y estudiado por Colak *et al.* (2015) en berenjena y Pervez *et al.* (2009) en tomates. En el Cuadro 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para todas las variables físicas de estudio, donde se observa el efecto significativo de los factores riego y edad y no significativo para su interacción.

Número de frutos por planta

En el Cuadro 3 se observa que el número de frutos por planta fue afectado por los niveles de agua de riego, con niveles de significancia altamente significativos menores al $P \leq 0,01$. El tratamiento de 120 % de ETc registró el mayor número de frutos por planta seguido del 100 % y 80 % de ETc, donde el 60 % ET registró el menor número de frutos. El cambio de la dosis de riego de 120 % a 60 % ETc, disminuyó

Cuadro 2. Análisis de varianza de las variables número de frutos, longitud, diámetro y peso del fruto en la cosecha total del cultivar de berenjena Long purple, bajo cuatro estrategias de riego y dos edades de trasplante, en el sistema de riego Perú-San Vicente, estado Monagas.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		Número de frutos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso del fruto (g)
Bloque	2	7,83	0,87	0,060	631,36
Riego (A)	3	278,28 **	7,71 *	0,530 **	4485,10 **
Error (A)	6	1,76	1,34	0,010	105,65
Edad (B)	1	73,08 **	19,76 **	0,350 **	4114,08 **
Riego* Edad	3	4,48 ns	0,66 ns	0,003 ns	82,85 ns
Error (B)	8	1,98	1,00	0,006	28,99
Coefficiente de variación (%)		7,66	5,00	2,120	4,06

* significativo al 5%; ** altamente significativo al 1%; ns no significativo

en un 61,81 % el número de frutos, lo que evidencia el efecto negativo del estrés hídrico en este cultivo. Esto posiblemente se debe al hecho de que el agua aplicada a 120 % ETc cumple de manera adecuada con los requerimientos hídricos del cultivo.

El número de flores y, en última instancia, el número de frutos por planta son variables económicas importantes, ya que afectan la producción final y, por tanto, la economía del agricultor. Cualquier estrés que reduzca el número de frutos por planta debe manejarse adecuadamente. Las variables reproductivas se ven afectadas por el estrés hídrico, reduciendo la transpiración y fotosíntesis, lo que resulta en una reducción del número de flores por planta, cuajado y frutos producidos.

Los resultados de esta investigación concuerdan con los hallazgos de Yildirim y Korukcu (2000) y Ozbahce y Tari (2010), los cuales indican que el rendimiento de las plantas y sus componentes disminuyeron con el aumento del déficit hídrico. Bafeel y Moftah (2008) reportan que el efecto negativo del estrés por sequía sobre el rendimiento y sus componentes puede estar relacionado con la disminución del crecimiento vegetativo. Chartzoulakis y Drosos (1997) encontraron que el número de frutos por planta en pimentón se veía afectado por la cantidad de agua aplicada. Por otro lado, Mohamed *et al.* (2020) en condiciones áridas, con berenjena no encontraron ningún efecto del régimen de riego en el número de frutos por planta, reportando valores promedios de 3 frutos, muy por debajo del promedio observado en este trabajo de 18,37 frutos.planta⁻¹.

Longitud del fruto

Los resultados de la prueba son significativos a una probabilidad de 0,05 para el efecto de niveles de agua de riego en la longitud de los frutos (Cuadro 3), indicando que la mayor longitud de frutos se obtuvo con el tratamiento 120 % ETc, seguido de 100 % y 75 % de ETc, mientras que el 60 % de ETc registró el menor valor. El cambio de régimen de riego de 120 a 60 % ETc, trajo en consecuencia una disminución del 12,88 % de la longitud del fruto de berenjena. Esto significa que el contenido de humedad del suelo con una lámina aplicada de 120 % de ETc es adecuada para el crecimiento de las frutas de berenjena.

Estos resultados están en conformidad con los obtenidos por Xu y Leskovar (2014) que afirmaron que el rendimiento y los parámetros de calidad disminuyen cuando el régimen de riego está por debajo del 100% de la ETc. Montaña *et al.* (2009), trabajaron con tres cultivares de berenjena (Barbentane, Long purple y Florida wonder) con diferentes combinaciones de fertilizante químico y orgánico, obtuvieron un promedio de 23,17 cm de longitud, con el mismo cultivar (Long purple), resultado superior al obtenido en este experimento. Por su parte, Mohamed *et al.* (2020) en condiciones áridas, con berenjena también encontraron efecto del régimen de riego en la longitud de frutos por planta, y reportaron valores promedios de 15,74 cm, un poco por debajo del promedio observado en este trabajo de 19,98 cm.

Cuadro 3. Efecto del régimen de riego sobre las variables de calidad del fruto de berenjena (*Solanum melongena* L.)

Niveles hídricos de riego (% ETc)	Número de frutos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso del fruto (g)
120	25,79 A	21,26 A	3,80 A	161,20 A
100	21,28 B	20,24 AB	3,70 A	148,96 B
80	16,59 C	19,89 AB	3,41 B	121,85 C
60	9,85 D	18,52 B	3,15 C	100,32 D
DMS	2,60	1,84	0,14	9,96
Coeficiente de variación (%)	7,66	5,00	2,12	4,09

Letras diferentes en columna indican diferencia significativa (P < 0,05)

Diámetro de las frutas

El efecto de los niveles de agua de riego en el diámetro de los frutos, monitoreado durante la temporada para cada tratamiento se presenta en el Cuadro 3. El diámetro de los frutos fue afectado de forma altamente significativa ($P \leq 0,01$), por los niveles de agua de riego. La prueba de rango estudentizado de Tukey al 5 % de probabilidad, reflejó que la dosis de riego que obtuvo los mayores diámetros fue la lámina 120 % ETc con una media de 3,80 cm, el cual es estadísticamente igual a el tratamiento de riego 100 % ETc con 3,71 cm. El menor diámetro se observó con el tratamiento 60 % ETc con una media de 3,15 cm, resultados que resultan inferiores a los obtenidos por Montañó *et al.* (2009), quienes reportaron una media de 5,49 cm de diámetro con la misma variedad.

Por otro lado, Mohamed *et al.* (2020), en condiciones áridas, con berenjena también encontraron efecto del régimen de riego en la variable diámetro de frutos por planta, reportando valores promedios de 5,33 cm, valor también por encima del promedio observado en este trabajo de 3,64 cm.

Peso del fruto

El análisis de los datos peso del fruto mostró que existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), entre los niveles de agua de riego. En el Cuadro 3, se observa que la dosis de riego que arrojó los frutos más pesados fue 120 % ETc con una media de 161,21 g y la de menor peso se observó con el tratamiento 60 % ETc con un promedio de 100,32 g. El cambio de lámina aplicada de riego de 120 a 60 % ETc trajo consigo una disminución del 37,77 % del peso promedio del fruto, lo cual demuestra que el estrés hídrico limita la acumulación de agua en la parte carnosa de la fruta.

Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Yildirim y Korukcu (2000), Abd El-Aal *et al.* (2008) y Ozbahce y Tari (2010) quienes reportaron que el peso de la fruta se ve afectada significativamente por los regímenes bajos de riego. Serhat (2017) señaló que el peso promedio más bajo de la fruta lo obtuvo con el tratamiento de riego de 70 % ETc. Por otro lado, Díaz-Pérez y Eaton (2015) indicaron que los valores más bajos de rendimiento y peso del fruto de berenjena se alcanzaron con el tratamiento de 33 %

ETc y que existen pocas diferencias de rendimiento entre tasas de riego superiores al 33 % ETc. Demirel *et al.* (2014) observaron reducciones de 18,16 % y 27,13 % en el rendimiento del fruto bajo un estrés hídrico bajo y moderado.

El mayor peso promedio de la fruta se observó en la berenjena expuesta a la cantidad total de riego de 100 % ETc, lo cual coincide con los hallazgos de Kirnak *et al.* (2002) quienes señalan que el tratamiento de mayor rendimiento fue con 100 % de ETc donde se observó una fruta más grande y pesada. Similarmente, Mohamed *et al.* (2020), trabajando con berenjena, también encontraron efecto del régimen de riego en esta variable, reportando un valor promedio de 191,65 g, mayor al promedio observado en este trabajo de 144 g.

Efecto de los días de trasplante sobre los componentes del rendimiento de la berenjena

Número de frutos por planta

El número de frutos por planta se vio afectado significativamente por la edad de trasplante. El análisis de varianza (Cuadro 4) señala que existen diferencias altamente significativas por efecto de las edades de trasplante. La edad de trasplante 2 (40 ddg y 53 dds) fue la que arrojó el mayor número de frutos por plantas con una media de 20,13 frutos.planta⁻¹ y con la edad 1 (30 ddg y 43 dds) se notó la menor cantidad de frutos por planta con una media de 16,64 frutos.planta⁻¹.

Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron un número de frutos de 11,70±1,20; mientras que Muñoz *et al.* (2009) en cultivares comerciales de berenjena también reportaron un número de frutos similar. Investigaciones de Wessel (1992), Tavares *et al.* (1999) y Araméndiz *et al.* (2009) en tomate, pimentón y berenjena, resaltan que al aumentar el número de frutos.planta⁻¹, disminuye el peso de cada fruto, por la correlación negativa entre estos dos caracteres. Por lo general, un aumento del número de frutos está asociado al plan de fertilización, que producen un mayor desarrollo vegetativo y un mayor número de inflorescencias por planta (Santos *et al.* 2001).

Por otro lado, la reducción en el número de flores y por ende en el número de frutos por planta en

Cuadro 4. Efecto de la edad de trasplante de la berenjena (*Solanum melongena* L.) sobre las variables de calidad del fruto.

Días de trasplante	Número de frutos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso del fruto (g)
40	20,13 A	20,84 A	3,64 A	146,13 A
30	16,69 B	19,07 B	3,40 B	119,99 B
DMS	1,32	0,94	0,07	5,06
Coeficiente de variación (%)	7,66	5,00	2,12	4,09

berenjena está asociada a la deficiencia de diversos nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, calcio, boro y zinc (Malavolta 1987). Es importante mencionar que los mayores valores obtenidos en este experimento fueron superiores a los reportados por Montañó *et al.* (2009), quienes trabajando con tres cultivares de berenjena (Barbentane, Long purple y Florida wonder), con trasplante a los 45 días, a diferentes combinaciones de fertilizante químico y orgánico, obtuvieron una media de 11,44 frutos.planta⁻¹.

Longitud del fruto

El crecimiento de un fruto es determinado por dos componentes: la división celular, la cual comienza desde antes de la antesis y continúa hasta los primeros días después del cuajado del fruto, y la expansión celular, responsable del aumento en tamaño, la cual es influida por la extensibilidad de la pared celular, la epidermis (y otras capas subyacentes) y por la turgencia de las células generada por el flujo de agua hacia la misma (Araujo *et al.* 1997). Complementariamente, este crecimiento obedece a la translocación de fotoasimilados desde las hojas y otros órganos de almacenamiento y a la presión de turgencia que se ejerce sobre las paredes celulares de las células del fruto en formación.

En esta variable, de suma importancia como indicador de la calidad del fruto de berenjena, el análisis de varianza reportó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0,01$), es decir, las diferentes edades de trasplante evaluadas afectaron la longitud del fruto. La edad de trasplante 2 (40 ddg y 53 dds) fue la que arrojó la mayor longitud con una media de 20,88 cm y con la edad 1 (30 ddg y

43 dds) se obtuvo las menores longitudes de frutos con una media de 19,07 cm (Cuadro 4).

Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron una longitud media de frutos de $20,62 \pm 0,33$ y Muñoz *et al.* (2009) en cultivares comerciales de berenjena un rango de número de frutos similar. Resultados similares fueron reportados por Montañó *et al.* (2009) quienes encontraron longitudes de 20,13 y 23,17 cm, utilizando diferentes fuentes de abonos y fertilizantes y trasplante a los 45 días.

Diámetro de las frutas

El análisis de varianza indicó que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0,01$), entre tratamientos, es decir, los tratamientos afectaron el diámetro del fruto en su parte más amplia. La prueba de separación de medias de Tukey, para diámetro del fruto, reporta diferencias estadísticas (Cuadro 4), demostrando que las diferentes edades de trasplante influyeron directamente sobre la variable en estudio. Los resultados indican que, en cuanto a las edades de trasplante, la edad 2 (40 ddg y 53 dds) fue la que obtuvo los mayores diámetros con una media de 3,64 cm y con la edad 1 (30 ddg y 43 dds) se observó los menores diámetros con una media de 3,40 cm.

Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron diámetro medio de frutos de $7,76 \pm 1,10$ y Montañó *et al.* (2009) con el uso de fertilización química y trasplante a los 45 días, valores de 5,49 cm. Araméndiz *et al.* (2014) para nuevas líneas y variedades comerciales de berenjena reportaron valores similares a los de Cantero *et al.* (2015). Por su parte, Méndez *et al.* (2004) sostienen que el máximo crecimiento de los frutos, en términos de diámetro,

ocurre como resultado de la elongación celular y de la acumulación de sintetizados de reserva, principalmente de sacarosa.

Laguado *et al.* (2002) afirman que el crecimiento en grosor del fruto de guayaba (*Psidium guajaba*) se da rápidamente indicando un aumento significativo en la multiplicación celular dando inicio así a la etapa de elongación celular, caracterizada por un gran aumento en tamaño y siguiendo un patrón de crecimiento doble sigmoide; mientras que Mazorra *et al.* (2003) reportan que los cambios expresados en el diámetro del fruto de uchuva (*Physalis peruviana*) corresponden a una curva de tipo exponencial ajustada al modelo logístico, donde el diámetro del fruto crece constantemente sin mostrar descenso hasta el final.

Peso del fruto

El análisis de varianza realizado para esta variable, indica que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre tratamientos, demostrando que esta variable estuvo influenciada por las diferentes edades de trasplante. La prueba de separación de medias según Tukey (Cuadro 4) reportó diferencias estadísticas para las lecturas de peso del fruto y los tratamientos en estudio. La edad de trasplante 2 (40 ddg y 53 dds) fue la que obtuvo el mayor peso con una media de 146,18 g, mientras que con la edad 1 (30 ddg y 43 dds) se observaron los frutos más livianos con una media de 119,99 g.

Las diferencias en el peso de los frutos se atribuyen a la composición genética y al ambiente, pues el componente varietal tiene una gran influencia sobre la velocidad de crecimiento, el tamaño final y la forma del fruto. Esto probablemente se debe a que durante el período de crecimiento ocurre simultáneamente la acumulación de solutos y de agua en la célula, básicamente en la vacuola (basado en las propiedades de permeabilidad del tonoplasto), la cual provee espacio para el almacenamiento de solutos y la fuente de presión que actúa contra las paredes celulares causando turgencia y estiramiento del tejido (Araujo *et al.* 1997).

Adicionalmente, Méndez *et al.* (2004), afirman que el tamaño final del fruto está estrechamente correlacionado con el número de semillas y de lóculos; también es afectado por la cantidad de asimilados

provenientes de las hojas, la temperatura ambiental, la temperatura interna del fruto y la luminosidad. Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron un peso promedio de fruto por planta de $269,67 \pm 5,05$ g, valor superior al obtenido en esta investigación.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demostraron que los requerimientos hídricos y las edades de trasplante afectan de forma significativa a las variables físicas del fruto. El tratamiento de riego más efectivo resultó el de 120 % ETc, indicando que la berenjena es un cultivo muy exigente en agua y su uso del agua con riego por goteo es significativamente importante para obtener una mejor calidad de frutos de berenjena en el campo bajo el clima tropical de la zona de Venezuela.

Se confirma el efecto negativo de las condiciones de déficit de riego sobre los atributos de calidad física, en este trabajo las variables más afectadas fueron peso y número de frutos. La edad de trasplante más recomendada es la de 40 días. Por último, es importante hacer investigaciones en la determinación del Kc real de la berenjena para esta zona y contrastarlo con los resultados obtenidos en esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Abd El-Aal, FS; Abdel Mouty, MM; Ali, AH. 2008. Combined Effect of Irrigation Intervals and Foliar Application of Some Antitranspirants on Eggplant Growth, Fruits Yield and Its Physical and Chemical Properties. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4(5): 416-423.
- Allen, RG; Pereira, LS; Raes, D; Smith, M. 1998. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements* - FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy. 15 p.
- Araméndiz, H; Cardona, CE; Espitia, MM. 2009. Correlaciones fenotípicas, ambientales y genéticas en berenjena. *Acta Agronómica* 58(4):285-291.
- Araméndiz, H; Cardona, CE; Vergara, CA. 2014. Parámetros genéticos relacionados con características del fruto en berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 85(1):103-111.

- Araujo, F; Quintero, S; Salas, J; Villalobos, J; Casanova, A. 1997. Crecimiento y acumulación de nutrientes del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo "Criolla Roja" en la planicie de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela 19(4):273-283.
- Aujla, MS; Thind, HS; Buttar, GS. 2007. Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongena* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. Scientia Horticulturae 112: 142-148.
- Bafeel, SO; Moftah AE. 2008. Physiological response of eggplants grown under different irrigation regimes to antitransplant treatments. Saudi Journal of Biological Sciences 15(2): 259-267.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency and yield potential, are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.
- Bozkurt Çolak, Y; Yazar, A; Sesveren, S; Colak, I. 2017. Evaluation of yield and leaf water potential (LWP) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. Scientia Horticulturae 219: 10-21.
- Cantero, J; Espitia, L; Cardona, C; Vergara, C; Araméndiz, H. 2015. Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L. Revista de Ciencias Agrícolas 32(2):56 - 67.
- Chartzoulakis, K; Drosos, N. 1995. Water use and yield of greenhouse grown eggplant under drip irrigation. Agricultural Water Management 28: 113-120.
- Chartzoulakis K; Drosos N. 1997. Water requirements of greenhouse grown pepper under drip irrigation. Acta Horticulturae (ISHS) 449: 175-180.
- Chaves, MM; Maroco, JP; Pereira, JS. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to whole plant. Functional Plant Biology 30: 23-264.
- Colak, YB; Yazar, A; Çolak, İ; Akça, H; Duraktekin, G. 2015. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. Agriculture and Agricultural Science Proceedia 4: 372-382.
- Demirel, K; Genc, L; Bahar, E; Inalpulat, M; Smith, S; Kizil, U. 2014. Yield estimate using spectral indices in eggplant and bell pepper grown under deficit irrigation. Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences 23(5): 1232-1237.
- Díaz-Pérez, JC; Eaton, TE. 2015. Eggplant (*Solanum melongena* L.) plant growth and fruit yield as affected by drip irrigation rate. Hortscience 50(11): 1709-1714.
- Fereres, E; Soriano, MA. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany 58: 147-159.
- Fernández, I; Lecina, S; Ruiz-Sánchez, MC; Vera, J; Conejero, W; Conesa, MR; Domínguez, A; Pardo, JJ; Lélis, BC; Montesinos, P. 2020. Trends and challenges in irrigation scheduling in the semi-arid area of Spain. Water 12 (3): 785.
- Gaveh, EA; Timpo, GM; Agodzo, SK; Shin, DH. 2011. Effect of irrigation, transplant age and season on growth, yield and irrigation water use efficiency of the African eggplant. Horticulture, Environment, and Biotechnology 52: 13-28.
- Gil, JA; Montaña, N; Valderrama, JA. 2014. Efecto de cuatro láminas de riego y dos edades de trasplante sobre el rendimiento y producción de dos cultivares de melón (*Cucumis melo* L.). Revista UDO-Agrícola 14 (1): 11-21.
- Karam, F; Sabiha, R; Skaf, S; Breidy, J; Roupheal, Y; Balendonck, J. 2011. Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under full and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management 98: 1307-1316.
- Kırnak, H; Taş, İ; Kaya, C; Higgs, D. 2002. Effects of deficit irrigation on growth, yield and fruit quality of eggplant under semi-arid conditions. Australian Journal of Agricultural Research 53: 1367-1373.
- Laguado, N; Marín, M; Arenas, L; Araujo, F; Castro, C; Rincón, A. 2002. Crecimiento de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) del tipo criolla roja. Revista Facultad de Agronomía Universidad del Zulia 19(4): 273-283.

- Lovelli, S; Perniola, M; Ferrara, A; Di Tommaso, T. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agricultural Water Management* 92: 73–80.
- Malavolta, E. 1987. Manual de calagem e adubação das principais culturas. San Paolo Editorial. 496 p.
- Mazorra, M; Quintana, A; Miranda, D; Fisher, G; Chávez, B. 2003. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de uchuva en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana* 21(3): 176-187.
- Méndez, M; Ligarreto, G; Hernández, M; Melgarejo, L. 2004. Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro materiales de ají (*Capsicum* sp.) cultivados en la Amazonía colombiana. *Agronomía Colombiana* 22(1): 7-17.
- Mohamed, IY; Moustafa, AM; Osman, AO; Mohamed Abdalhi, MA. 2020. Effect of irrigation systems and watering amount on yield of eggplant (*Solanum melongena*) under arid conditions. *Agricultural and Biological Sciences Journal* 6(3): 143-147.
- Montaño, N; Simosa, J; Perdomo, A. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. *Revista UDO Agrícola* 9(4): 807-815.
- Muñoz-Falcon, JE; Prohens, J; Vilanova, S; Nuez, F. 2009. Diversity in commercial varieties and landraces of black eggplants and implications for broadening the breeder's gen pool. *Annal of Applied Biology* 154(3): 453-465.
- Nagaz, K; Masmoudi, MM; Ben Mechlia, N. 2012. Yield response of drip-irrigated onion under full and deficit irrigation with saline water in arid regions of Tunisia (en linea). *International Scholarly Research Network ISRN Agronomy*, Article ID 562315, 8 p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/gb7rr5>.
- Ozbahce, A; Tari, AF. 2010. Effects of different emitter spaces and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. *Journal of Agricultural Water Management* 97: 1405–1410.
- Pervez, MA; Ayub, CM; Khan, HA; Shahid, MA; Ashraf, I. 2009. Effect of drought stress on growth, yield and seed quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 46(3): 174-178.
- Ranjan, A; Mishra, DH; Singh, I. 2018. Performance evaluation of drip irrigation under high density planting of papaya. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7 (3): 2262-2270.
- Santos, GM; Oliveira, AP; Silva, JAL; Alves, EU; Costa, CC. 2001. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de materia organica. *Horticultura Brasileira* 19(1): 30-34.
- SAS. 2020. Software SAS/STAT (en linea). Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3dhI94v>
- Serhat, AYS. 2017. The effects of irrigation regimes on the yield and water use of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Toprak Su Dergisi* 6(2): 49-58.
- Sezen, SM; Yazar, A; Daşgan, Y; Yücel, S; Akyıldız, A; Tekin, S; Akhoundnejad, Y. 2014. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. *Agricultural Water Management* 143: 59–70.
- Tavares, M; De Melo, A; Bueno, W. 1999. Efeito diretos e indiretos e correlações canônicas para caracteres relacionados com a produção de pimentão. *Bragantia* 58(1): 41-47.
- Wessel-Beaver, L. 1992. Genetic variability of fruit set, fruit weight, and yield in a tomato population grown in two high-temperature environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(5): 867-870.
- Yildirim, O; Korukcu, A. 2000. Comparison of drip, sprinkler and surface irrigation systems in orchards. *Faculty of Agriculture, University of Ankara, Ankara Turkey*. 47 p.
- Xu, C; Leskovar, DI. 2014. Growth, physiology and yield responses of cabbage to deficit irrigation. *Horticultural Science* 41: 138–146.

Evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción de maíz y maní en la provincia de Loja, Ecuador.

Klever I. Cuenca O.* ; Wilson R. Quizhpe C. ; Elizabeth Ramírez-Iglesias 

Universidad Estatal Amazónica (UEA), Sede El Pangui-Zamora, Chinchipe. Ecuador. *correo electrónico: kcuenca@uea.edu.ec

RESUMEN

Los sistemas alimentarios y agrícolas actuales han logrado suministrar grandes volúmenes de alimentos a los mercados mundiales, sin embargo, el uso intensivo de los recursos y un elevado aporte de insumos externos, han provocado una deforestación masiva, escasez de agua, pérdida de biodiversidad, agotamiento del suelo y niveles elevados de emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo principal de esta investigación cuantitativa consistió en evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción en maní y maíz en los barrios de la parroquia Casanga del cantón Paltas, provincia de Loja - Ecuador, mediante la realización de un diagnóstico agroecológico empleando el marco de evaluación MESMIS (Metodología de Evaluación de los Sistemas de Manejo por Indicadores de Sustentabilidad). Los resultados obtenidos indican que al referirnos al análisis por barrios, los que tienen los más altos promedios de optimización de los factores que influyen en los sistemas de producción son: Guaypirá con 80 % y Zapotepamba con 72 %. Se puede afirmar que los barrios que influyen más en los sistemas de producción por tener mejores indicadores son: Buena Esperanza, La Sota y Zapotepamba con 6 cada uno, Macandamine y Sabanilla con 5, Casanga y Guaypirá con 4, y El Naranjo con 3. Los indicadores de sostenibilidad que tienen mayor influencia catalogados en una escala de mayor a menor importancia sobre los sistemas de producción de los barrios de la parroquia Casanga, son las prácticas de conservación de suelos, disponibilidad de agua, y desarrollo de las raíces y cobertura de los suelos de la unidad agrícola.

Palabras clave: agroecología, cultivos, fincas, indicadores, variedades.

Sustainability evaluation in corn and peanut production systems in the province of Loja, Ecuador.

SUMMARY

Current food and agricultural systems have managed to supply large volumes of food to world markets, however, the intensive use of resources and a high contribution of external inputs have led to massive deforestation, water shortages, loss of biodiversity, depletion of the soil and high levels of greenhouse gas emissions. The main objective of this research consisted of evaluating the sustainability of the peanut and corn production systems in the neighborhoods of the Casanga parish of the Paltas canton of the province of Loja-Ecuador, by conducting an agroecological diagnosis using the evaluation framework MESMIS evaluation system (Evaluation Methodology Management Systems for Sustainability Indicators). The results obtained indicate that when referring to the analysis by neighborhood, those with the highest averages for optimizing the factors that influence production systems are: Guaypirá with 80% and Zapotepamba with 72%. On the other hand, it can be affirmed that the neighborhoods that most influence the production systems for having better indicators are: Buena Esperanza, La Sota and Zapotepamba with 6 each, Macandamine and Sabanilla with 5, Casanga and Guaypirá with 4, and El Naranjo with 3. The sustainability indicators that have the greatest influence, classified on a scale of greater or lesser importance, on the production systems of the neighborhoods of the Casanga parish, are the practices of soil conservation, water availability, and development of roots and soil cover of the farm.

Key words: agroecology, crops, farm indicators, varieties

Recibido: 20/08/2020 - Aprobado: 26/01/2021

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable se fundamenta en principios éticos, como el respeto y armonía con la naturaleza, valores políticos, como la democracia participativa y equidad social; y normas morales, como la racionalidad ambiental (FMAM 2000). Al ser sustentable, se considera igualitario, descentralizado y autogestionario, capaz de satisfacer las necesidades básicas de la población, respetando la diversidad cultural y mejorando la calidad de vida (Cedeño y Vélez 2006, Martínez 2009). El concepto de sustentabilidad es complejo en sí mismo, porque implica cumplir, simultáneamente, con varios objetivos, tanto productivos, ecológicos o ambientales, sociales, culturales, económicas y temporales, con un necesario abordaje multidisciplinario (Sarandón y Flores 2009, Toro *et al.* 2010).

Para conformar el desarrollo sustentable de una región, localidad o zona en particular, es necesario, entre otras cosas, conocer las técnicas de producción alimentaria, que ayuden a satisfacer sus necesidades alimenticias, y hagan uso eficiente de los recursos naturales. Al respecto, se han realizado esfuerzos por emplear prácticas agrícolas que tengan como principio generar el menor daño ambiental posible, y que sean ecológicamente adecuadas, con la finalidad de lograr una mayor productividad en sus agroecosistemas.

Con respecto a la agricultura, la sustentabilidad se ha perfilado como un modelo de crecimiento del sector, con enfoque en los ingresos y la preservación del capital ecológico, bajo una tarea, que en ocasiones se presenta bastante compleja al abarcar en forma simultánea e interdependiente factores como equidad, competitividad, preservación de los recursos naturales y ambiente (Alfaro 2011). Al reconocerse la necesidad de una agricultura distinta al modelo predominante hasta el momento, implícitamente se reconoce que el modelo de “agricultura industrializado” no es sustentable (Muner 2011). Enmarcada en este contexto, la agroecología, enfoca su trabajo en la aplicación de los principios ecológicos y sociales, al diseño y la gestión de los sistemas alimentarios y agrícolas. Su objetivo es optimizar las interacciones entre las plantas, los animales, los seres humanos y el ambiente, teniendo en cuenta, al mismo tiempo, los aspectos sociales que deben

abordarse para lograr un sistema alimentario justo y sustentable, y asumiendo procesos territoriales que parten desde la base, lo que favorece soluciones contextualizadas a problemas locales (FAO 2018, Guadiana 2020).

Dentro de ese contexto, es importante definir cuáles son los sistemas de producción en diferentes localidades, entendiendo que este representa el conjunto de actividades que los seres humanos, en este caso la familia campesina, organiza, dirige y realiza, de acuerdo a sus objetivos, cultura y recursos, utilizando prácticas de acuerdo a su medio ambiente físico (Leal 2007). Algunos investigadores refieren el uso del término finca para referirse a un sistema de producción agrícola. (Castillo y Cabrera 2001, Ilbay 2011).

Por otro lado, Báez (2005) señala que el sistema de producción campesino, o sistema agropecuario, es la forma en que el productor organiza la utilización de sus recursos, en función de sus objetivos y necesidades, condicionado por factores externos de carácter socioeconómico y ecológico. Se ha señalado que el productor y su familia, el predio y los medios de producción para trabajarlo, constituyen los componentes básicos o subsistemas de cualquier sistema de producción (Báez 2005, Piedra 2012).

La sustentabilidad de sistemas agrícolas ha sido estudiada por diversos autores; al respecto, Peralta (2010) efectuó un somero análisis sobre este tema, indicando que el diagnóstico de sistemas agrícolas es un conjunto de procedimientos para describir y analizar dichos sistemas, identificar sus limitaciones, así como las causas de éstas y las potencialidades o posibles soluciones para mejorar su funcionamiento, en un orden de prioridad.

Según López-Ridaura *et al.* (2001), el proyecto MESMIS fue un esfuerzo interdisciplinario y multi-institucional liderado por GIRA (Grupo Interdisciplinario para Tecnología Rural Apropiada), una ONG local con sede en México Occidental. El proyecto se originó en 1994, teniendo como objetivos: a) el desarrollo de un marco referencial para evaluar la sostenibilidad de sistemas alternativos de manejo de recursos naturales; b) la aplicación del marco en diferentes estudios de casos; c) la capacitación de individuos e instituciones interesadas en el tema; y d) la generación y difusión de materiales para facilitar la aplicación del marco.

El MESMIS sigue los siguientes pasos metodológicos: selección y caracterización previa del agroecosistema mediante la obtención de la información básica (entrevista, información secundaria) para definir el itinerario técnico y la estructura y los límites del agroecosistema; determinación de puntos críticos que amenazan la sustentabilidad del sistema y selección de indicadores correspondientes (Guzmán y Alonso 2007, Masera *et al.* 2008).

Dichos indicadores están relacionados con parte o con todos los atributos de la sustentabilidad: productividad, estabilidad, resiliencia, equidad, autonomía y adaptabilidad cultural; definición de los criterios operativos a considerar: máximos, mínimos admisibles, medición y monitoreo de los indicadores (ejemplos: erosión, rendimiento, eficiencia y autonomía energética, entre otros); integración de los resultados mediante análisis multicriterio y presentación de los resultados generalmente en un gráfico Amiba; discusión de resultados y recomendaciones.

En relación a casos específicos, Caicedo-Camposano *et al.* (2019) indicaron que al realizar la evaluación de la sustentabilidad en el cultivo de arroz, el análisis holístico de los diferentes aspectos de esta, favoreció el abordaje de la complejidad del análisis, y comprender la relatividad de los resultados según las dimensiones de analizadas, utilizando indicadores adecuados. Igualmente, Caicedo-Camposano *et al.* (2020) señalan que en sistemas de producción de bananos el uso de indicadores permitió observar claras tendencias en la sustentabilidad general y en los aspectos económicos, ecológicos y socioculturales, observándose cierto nivel de dependencia entre las tres dimensiones de la sustentabilidad.

Como objetivo principal de esta investigación, se planteó evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción en los barrios de la parroquia Casanga en el cantón Paltas, provincia de Loja, para los cultivos de maní y maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la parroquia Casanga, perteneciente al cantón Paltas de la provincia de Loja (Figura 1). De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (JPC 2011), la parroquia Casanga se encuentra ubicada al suroeste del cantón

Paltas, a 26 km de la cabecera cantonal Catacocha, por la vía panamericana que conduce a los cantones fronterizos de Celica y Macará. Se halla conformada por los siguientes barrios: Guaypirá, La Sota, Zapotepamba, Sabanilla, Buena Esperanza, El Naranjo, Macandamine, y su cabecera parroquial Casanga.

La parroquia Casanga cuenta con una extensión territorial de 52 km², limitando al norte con las parroquias Lauro Guerrero y Cangonamá, al sur con la parroquia Catacocha, al este con las parroquias Lourdes y Catacocha, al oeste con la parroquia Guachanamá (Román 2012).

En base a los registros del INEC, el clima considerado para la parroquia es de tipo Climático Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo, con una temperatura promedio anual de 17 °C, diferenciando una fluctuación de 18 °C hacia la parte baja y media de la parroquia, y de 16 °C desde la parte media en el sentido latitudinal hacia la parte alta de la parroquia (Román 2012).

Para analizar más detalladamente la situación actual de la parroquia, se dividió en 3 zonas según sus altitudes: la Zona Alta, con un rango altitudinal que tiene un rango de 1.760 a 2.240 m.s.n.m.; la Zona Media que va desde 1.280 a 1.760 m.s.n.m. y la Zona Baja desde 800 a 1.280 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 1.250 a 1.500 mm, debido a que la mayoría de los barrios de la parroquia tienen un régimen de lluvias comprendidas entre diciembre y mayo (Román 2012).

Sistemas de producción (Cultivos)

En esta investigación, los sistemas de producción a trabajar, serán los cultivos de maíz y maní, los cuales son cultivos de importancia para la zona en estudio. El maíz es considerado el principal cereal domesticado y fue la base alimenticia de las civilizaciones Maya, Azteca e Inca. Es actualmente uno de los cereales más cultivados, las principales zonas del cultivo son; EE. UU, América Central, Argentina y Brasil (Ospina 2002). El manejo de este cultivo en cuanto al control de plagas y enfermedades además de su fertilización, es basado en lineamientos tradicionales. Por otro lado, el maní es nativo de la parte tropical de América del Sur, probablemente Brasil. Al igual que en el maíz, el manejo de este cultivo en cuanto al control de plagas y enfermedades además de su fertilización, es basado en lineamientos tradicionales.

UBICACIÓN TERRITORIAL DE LA PARROQUIA CASANGA



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA
PARROQUIA CASANGA - CANTÓN PALTAS - PROVINCIA DE LOJA
PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
DE LA PARROQUIA CASANGA



Figura 1. Ubicación de la Parroquia Casanga, Loja, Ecuador.

Muestreo

El tipo de muestreo elegido para escoger a los agricultores fue el denominado “Muestreo de cuotas”, que es un tipo de muestreo no probabilístico, pero similar al muestreo probabilístico estratificado, ya que exige un conocimiento de las características de la población para poder estratificar la muestra. Como no hay base de sondeo, se deja al encuestador la selección última de los componentes muestrales, dándole las características (cuotas) que deben reunir (Arnés 2011).

Encuesta semi-estructurada

El tipo de instrumento utilizado para obtener la información fue una encuesta semi-estructurada, tipo cuestionario con formato de preguntas cerradas y abiertas, que comprendió los siguientes aspectos: datos generales de la unidad agrícola, datos generales del propietario, croquis de la unidad, disponibilidad de agua, prácticas de conservación de suelos y características de los sistemas de producción en la unidad

agrícola con respecto a los suelos, tipos de cultivo y manejo de los mismos, además de los procesos de comercialización empleados. La encuesta fue aplicada a un total de 39 productores, distribuidos en los diferentes barrios, como se muestra en el Cuadro 1.

Procedimiento

La investigación realizada es de campo, relativa al estudio de casos, y fue realizada bajo el paradigma positivista, empleando un enfoque mixto con técnicas cuantitativas y cualitativas.

Fase 1. Diagnostico general

Levantamiento preliminar de la información en la Junta Parroquial de Casanga, con la finalidad de tener un acercamiento preliminar sobre la ubicación de las unidades agrícolas de los diversos barrios.

Fase 2. Diagnostico por unidad agrícola

Posteriormente se hizo un levantamiento de todas las unidades agrícolas, permisibles a dar información de

los sistemas de producción agrícola. La recolección de datos en cada unidad agrícola se llevó a cabo por medio de una encuesta semi-estructurada.

Cuadro 1. Número de productores encuestados en cada barrio participante de la investigación de la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja, Ecuador.

Barrio	Productores encuestados
Casanga	9
Macandamine	5
Sabanilla	4
Guaypirá	6
Buena Esperanza	5
La Sota	5
Zapotepamba	2
El Naranjo	3
Total	39

Diagnóstico de sustentabilidad

Se evaluó la sustentabilidad de los sistemas de producción en los barrios de la parroquia Casanga en el cantón Paltas, provincia de Loja, para los cultivos de maní y maíz, a través de la aplicación del marco de evaluación MESMIS (Metodología de Evaluación de los Sistemas de Manejo por Indicadores de Sustentabilidad) (Maser *et al.* 2008) empleándose la metodología de levantamiento de indicadores de sustentabilidad propuesta por Altieri y Nicholls (2002) mediante votación participativa para la estimación de los mismos, determinando los indicadores de mayor relevancia del proceso productivo. Se determinaron indicadores relevantes como son los ambientales, técnico/productivos y sociales, para emplearlos como herramientas potenciales en la toma de decisiones en la producción. Esta información aportada por los involucrados, permitió medir cambios y al mismo tiempo interactuar con los productores, quienes autorizaron y consintieron el desarrollo de esta actividad. Para cumplir con este objetivo, se pusieron en práctica algunas técnicas participativas como la entrevista y la lluvia de ideas, entre otras.

Para la evaluación del diagnóstico de sustentabilidad en base a prácticas agroecológicas de las comunidades (barrios) de la parroquia Casanga, se seleccionaron los siguientes indicadores (12): disponibilidad de agua, prácticas de conservación de suelos, estructura-profundidad, compactación-retención de humedad, residuos de cosecha-color, desarrollo de raíces-cobertura, erosión-actividad biológica, apariencia-crecimiento, tolerancia a estrés, enfermedades –malezas, diversidad-manejo, rendimiento-comercialización.

A través de lluvia de ideas, los participantes ponderaron los indicadores a través de una escala donde se le asignó un valor entre 20 = mínimo y 100 = óptimo. Se sumaron los puntos de cada indicador, obteniéndose un puntaje total del sistema, el cual se dividió por el número de indicadores, donde el resultado es la calificación del barrio. Los valores obtenidos se graficaron para facilitar el análisis de los indicadores estimados, y finalizada la ponderación, se procedió a graficar los valores obtenidos en una figura tipo ameba (Astier 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1. Diagnostico general

El levantamiento preliminar de la información en la Junta Parroquial de Casanga, se realizó con la finalidad de tener un acercamiento sobre la ubicación de las unidades agrícolas de los diversos barrios, para conocer las características humanas, físicas y agropecuarias de los sistemas de producción de la parroquia Casanga.

Datos generales

Los resultados obtenidos del análisis de la encuesta aplicada, indican que la proporción general es de tres hombres por cada mujer, lo que denota que la migración masculina en esta jurisdicción territorial no es significativa.

En cuanto al nivel de escolaridad, la mayoría de los propietarios (87 %) ha aprobado el nivel de instrucción primario, siguiendo a una gran distancia el nivel secundario, y en un ínfimo porcentaje el superior. Sin embargo, es importante destacar que el analfabetismo se encuentra ausente en la parroquia Casanga.

En relación al estado civil de los participantes, el mayor porcentaje 67 % correspondía al estado civil casado, siguiendo en orden de importancia los viudos, y finalmente los solteros.

El número de hijos de la mayoría de los hogares (alrededor de un 70 %) de las familias agricultoras de la parroquia Casanga es de entre 4 y más de 6 hijos; seguido por las familias que tienen entre 1 y 3 hijos, y los que no tienen descendientes.

En muchos casos, las familias agricultoras de Casanga, mantienen además otros familiares (72 %), teniendo bajo su dependencia a un pariente.

Datos generales de las unidades de producción

De las unidades encuestadas, 46 % tienen un tamaño entre 1,1 y 3 ha; siendo 26 % inferiores a 1 ha; y 21 % entre 3,1 y 5 ha. Un escaso 8 % corresponde a las que tienen extensiones mayores a 5 ha.

En la parroquia Casanga cuatro de las cinco fincas del área disponen de agua para riego; la falta de agua en 18 % de los predios es una limitante para la producción agrícola, porque les corresponde efectuar las siembras solamente en época lluviosa.

La escasez de agua para riego es un factor que restringe el establecimiento de los cultivos; solo 22 % dispone de agua para sembrar en toda la finca, mientras 28 % avanza a regar solamente hasta la mitad del predio.

En cuanto a las prácticas de conservación del suelo en la finca, la mayoría (90 %) ha sembrado especies nativas en los linderos, preferentemente “porotillo”, un árbol de baja altura de la familia de las leguminosas; mientras 5 % mantiene una combinación de especies arbóreas y obras físicas; y 5 % se encuentra motivado para sembrar árboles, como práctica de conservación del suelo.

La calidad del suelo es un factor de la producción agrícola de gran importancia para el buen desarrollo de los cultivos; en la parroquia Casanga 64 % de las fincas tienen un suelo suelto, con pocos gránulos. Por consiguiente, este es un aspecto ventajoso en la obtención de altos rendimientos de los cultivos, debido a la facilidad para la penetración del agua hacia el subsuelo.

En concordancia con la característica anterior, las fincas de la parroquia Casanga en una proporción de 67 % tienen un suelo no compacto, que permite la fácil infiltración del agua hacia las raíces, lo que favorece el buen crecimiento de los cultivos.

Sin embargo, las características anteriormente descritas contrastan con el factor de profundidad, correspondiendo a una capa delgada de menos de 10 cm de espesor en una cantidad de 64 % de las propiedades.

En 44 % de los predios de la parroquia Casanga los residuos de la cosecha se mantienen en una descomposición lenta, lo que no es una condición muy favorable para el crecimiento de los cultivos, aunque la época lluviosa permite que se acelere este fenómeno.

En 86 % de los predios agrícolas los suelos son de color café claro y negro, lo que demuestra el contenido de una significativa proporción de materia orgánica, representando un apreciable nivel de fertilidad natural del suelo.

El factor de retención de la humedad es preocupante en la parroquia Casanga, en 69 % de los feudos el suelo se seca rápido y permanece seco en la temporada seca, solamente en 31 % de las fincas el suelo mantiene la humedad; sin embargo, este aspecto podría mejorarse si los productores se acostumbraran a incorporar abundante cantidad de abonos orgánicos, que aportaría la correspondiente materia orgánica, mejorando la textura del suelo para crear una buena retención de humedad.

Como consecuencia de lo anterior, en 56 % de las fincas las raíces tienen un crecimiento limitado; pero, esta irregularidad se ve opacada porque en cambio en 41 % de las propiedades las raíces si tienen un buen crecimiento.

En la parroquia Casanga, no existen predios agrícolas sin cobertura vegetal; 46 % están cubiertos con residuos de cosecha o biomasa en más de la mitad de la extensión del predio, y 54 % menos de la mitad; esta situación ayuda a que disminuyan los riesgos de la erosión superficial del suelo.

En la parroquia Casanga las fincas muestran signos de erosión evidente aunque baja en una proporción de 64 %; pero, del resto de propiedades en forma contrastante 18 % revelan erosión severa, mientras el otro 18 % denota que no tiene señales de erosión.

En las fincas de la parroquia Casanga existe una buena actividad biológica de los suelos por la presencia de abundantes lombrices y artrópodos en 21 % de predios, y en menor cantidad en 64 % de los mismos. Como se explicó anteriormente, la aportación de abono orgánico podría incrementar el volumen de lombrices y artrópodos, fauna muy necesaria para el crecimiento de las raíces de los cultivos.

Del examen de los resultados se deduce que en 92 % de los predios los cultivos tienen hojas con un color entre verde intenso y verde claro; mientras que solo en 8 % de las fincas los cultivos muestran hojas cloróticas, señal evidente de la falta de nutrimentos en la capa superficial del suelo, anormalidad que podría ser superada con el aporte de abonos orgánicos en cantidad suficiente.

Características de los sistemas de producción (cultivos)

Las principales características de los sistemas de producción de la parroquia Casanga en base a los cultivos de maíz y maní, se sintetizan a continuación:

Cultivo: Maíz duro.

Nombre científico: *Zea mays* L. Variedad: Brasília, criollo local. Ciclo vegetativo: febrero-julio. Preparación del terreno: maquinaria agrícola. Densidad de siembra: 0,80 x 0,80 m. Número de semillas por golpe: 2. Fertilización: rastros de la cosecha anterior y estiércol de ganado. Control de malezas: 2 - 3 deshierbas en forma manual. Cosecha: en choclo (consumo familiar), y grano seco (para consumo y semilla).

Cultivo: Maní.

Nombre científico: *Arachis hypogaea* L. Variedad: caramelo (rojo y negro). Ciclo vegetativo: febrero-julio. Preparación del terreno: maquinaria agrícola. Densidad de siembra: 0,40 x 0,40 m. Número de semillas por golpe: 2. Fertilización: rastros de la cosecha anterior y estiércol de ganado. Control de malezas: 3-4 deshierbas en forma manual. Cosecha: grano seco (para consumo, semilla y venta).

Aspectos generales de los cultivos

En 77 % de las fincas los cultivos presentan una apariencia entre densa pero no uniforme y un aspecto denso con buen crecimiento, mientras que en 23 % de

los predios el crecimiento es pobre. En el aspecto de la salud de los cultivos se consideran a continuación los siguientes aspectos: tolerancia al estrés (por sequía, plagas, etc.), ataque de enfermedades y competencia de malezas.

En 67 % de las fincas de la parroquia Casanga los cultivos sufren estrés y luego se recuperan lentamente, en 23 % soportan la sequía o las lluvias intensas y no deterioran, mientras en 10 % los cultivos no se recuperan, es decir son muy sensibles a los trastornos naturales. Los resultados muestran que 56 % de las propiedades soportan la incidencia de las enfermedades en un rango entre 20 y 45 % de las plantas, en tanto que en 33 % las plantas resisten el ataque de los microorganismos, apareciendo síntomas leves solamente en 20 % de las plantas.

En 69 % de las fincas se denota una presencia mediana de malas hierbas, mientras que en 15 % los cultivos se muestran vigorosos porque soportan muy bien la competencia de las malezas; mientras en el restante 15 % los cultivos son dominados por las malezas.

Para el análisis de los resultados del segmento de productividad se consideran los elementos siguientes: rendimiento, diversidad de semillas, sistema de cultivo y comercialización.

En la parroquia Casanga, en 54 % de los predios agrícolas los rendimientos de los cultivos alcanzan un nivel mediano, siguiendo en orden de importancia el grado de rendimiento alto en 39 % de las fincas; en tanto que en 8 % el volumen de producción es bajo.

Coincidente con lo anterior, en la parroquia Casanga, 64 % de las fincas disponen de una gama de variedad de semillas mayor a dos ecotipos, en 26 % existen por lo menos dos variedades, en tanto que en 10 % la diversidad es pobre, cuentan con solo una variedad.

Sobre este aspecto, en 51 % de las unidades agrícolas, se observa la implantación del sistema de cultivo de transición a orgánico, es decir los productores utilizan insumos externos, aunque en baja cantidad; en 41 % de los predios predomina el monocultivo, bajo el sistema convencional (aplicación de agroquímicos); solo en 8 % de las propiedades se practica el sistema orgánico diversificado, con baja aplicación de insumos orgánicos.

Comercialización de la producción

En la parroquia Casanga, la comercialización de la producción se encuentra en un nivel mediano en 51 % de las fincas, siguiendo el nivel alto en 26 % de los predios, y finalmente el nivel bajo en 23 %, denotando que en este grupo la producción es mayormente destinada al autoconsumo.

Fase 2. Diagnostico por unidad agrícola. Diagnóstico de sustentabilidad por barrio.

Barrio Casanga

De acuerdo con los resultados, el promedio de la suma de los indicadores del barrio Casanga es de 63 %, encontrándose por encima de este valor, en orden de mayor a menor (Figura 2A): 1. Prácticas de conservación de suelos, 2. Diversidad de variedades y Sistema de manejo de los cultivos, 3. Grado de erosión y Actividad biológica, y 4. Disponibilidad de agua.

Barrio Macandamine

El promedio de la suma de los indicadores de los sistemas de producción en el barrio Macandamine también es de 63 %, verificándose que los valores que se hallan arriba de esta cifra (Figura 2B) son: 1. Prácticas de conservación de suelos, 2. Rendimiento actual y sistema de comercialización, 3. Incidencia de enfermedades y control de malezas, 4. Compactación e infiltración y capacidad de retención de la humedad, y 5. Tolerancia al estrés.

Barrio Sabanilla

El promedio de la suma de los indicadores de los sistemas de producción del barrio Sabanilla igualmente es de 63 %, estando por arriba este valor, en orden de mayor a menor (Figura 2C): 1. Prácticas de conservación de suelos, 2. Compactación e infiltración y capacidad de retención de la humedad, 3. Tolerancia al estrés, 4. Diversidad de variedades y sistema de manejo de los cultivos, 5. Rendimiento actual y sistema de comercialización.

Barrio Guaypirá

En este barrio el promedio de la suma de los indicadores de los sistemas de producción en el barrio Guaypirá es de 58 %, comprobándose que las cifras que se encuentran por arriba de este dígito (Figura

2D) son: 1. Prácticas de conservación de suelos, 2. Rendimiento actual y Sistema de comercialización, 3. Incidencia de enfermedades y Control de malezas, 4. Compactación e infiltración y Capacidad de retención de la humedad; y, 5. Tolerancia al estrés.

Barrio Buena Esperanza

El promedio de la suma de los indicadores de los sistemas de producción del barrio Buena Esperanza es de 80 %, observándose en la Figura 3A que los datos que se hallan por encima de este valor son: 1. Tolerancia al estrés, 2. Presencia y estado de residuos de la cosecha y color y materia orgánica del suelo, 3. Desarrollo de las raíces y cobertura del suelo de la finca, 4. Prácticas de conservación de suelos, 5. Diversidad de variedades y sistema de manejo de los cultivos, y 6. Disponibilidad de agua.

Barrio La Sota

En el barrio La Sota, el promedio de la suma de indicadores de los sistemas de producción es de 58 %, comprobándose que los dígitos que se encuentran por encima de este valor (Figura 3B) son: 1. Prácticas de conservación de suelos, 2. Desarrollo de las raíces y cobertura de los suelos de la finca, 3. Apariencia y crecimiento de los cultivos, 4. Rendimiento actual y sistema de comercialización, 5. Estructura del suelo y profundidad de la capa arable, 6. Compactación e infiltración y capacidad de retención de la humedad.

Barrio Zapotepamba

El promedio de la suma de los indicadores de los sistemas de producción en el barrio Zapotepamba es de 72 %, comprobándose que los valores que se encuentran por arriba de este dígito (Figura 3C) son: 1. Prácticas de conservación de suelos, 2. Disponibilidad de agua, 3. Presencia y estado de residuos de la cosecha y color y materia orgánica del suelo, 4. Desarrollo de las raíces y Cobertura del suelo de la finca, 5. Grado de erosión y Actividad biológica, 6. Compactación e infiltración y Capacidad de retención de la humedad.

Barrio El Naranjo

En el barrio El Naranjo, el promedio de la suma de los indicadores de los sistemas de producción es de 54 %, verificándose que los dígitos que se hallan por

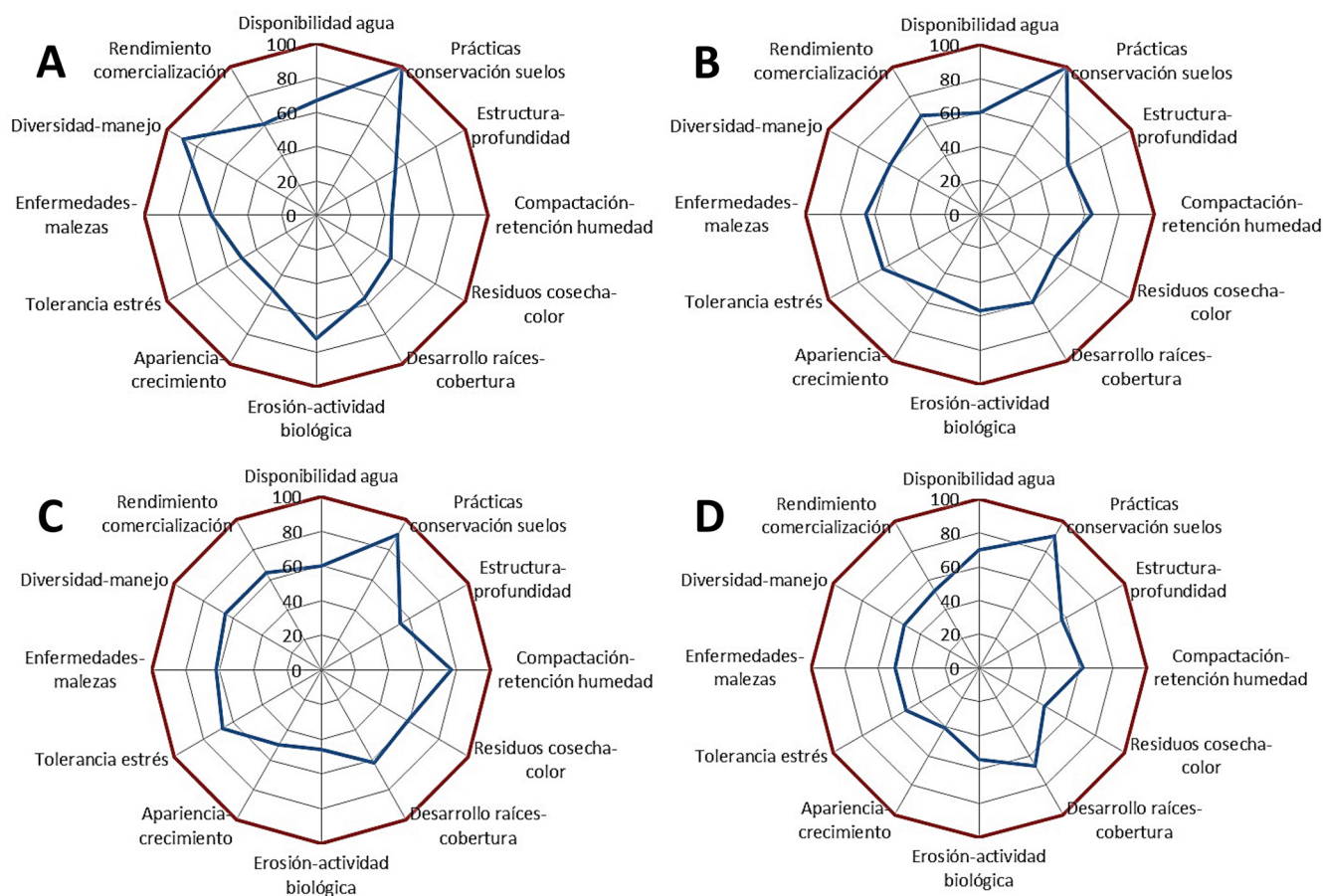


Figura 2. Diagnóstico de los sistemas de producción de los barrios Casanga (A), Macandamine (B), Sabanilla (C) y Guaypirá (D), provincia de Loja, Ecuador.

arriba de este valor (Figura 3D) son: 1. Prácticas de conservación de suelos, 2. Compactación e infiltración y Capacidad de retención de la humedad, y, 3. Rendimiento actual y Sistema de comercialización.

Posición de indicadores según barrio de la parroquia Casanga

Al analizar el Cuadro 2 se puede destacar lo siguiente: los barrios que tienen los más altos promedios de optimización de los factores que influyen en los sistemas de producción son Guaypirá con 80% y Zapotepamba con 72%. Siguen en orden de importancia los barrios Casanga, Macandamine, Sabanilla, cada uno con 63%; Guaypirá y La Sota con 58% cada uno; y, El Naranjo con 54%. Los barrios, que según el número de indicadores influyen en los sistemas de producción son: Buena Esperanza, La Sota y Zapotepamba con 6

cada uno, Macandamine y Sabanilla con 5, Casanga y Guaypirá con 4, y El Naranjo con 3. Los tres indicadores de sostenibilidad, que tienen una influencia de mayor a menor importancia sobre los sistemas de producción de los barrios de la parroquia Casanga, son: prácticas de conservación de suelos, disponibilidad de agua y desarrollo de las raíces y cobertura de los suelos de la finca.

En cuanto a la sustentabilidad de la producción, la mayoría de las unidades de producción se encuentran en condición moderada, lo que significa que los productores deberán implementar prácticas agrícolas que permitan incrementar la sustentabilidad de las mismas. Resultados similares a los obtenidos en esta investigación son reportados por Uzcanga-Pérez *et al.* (2020).

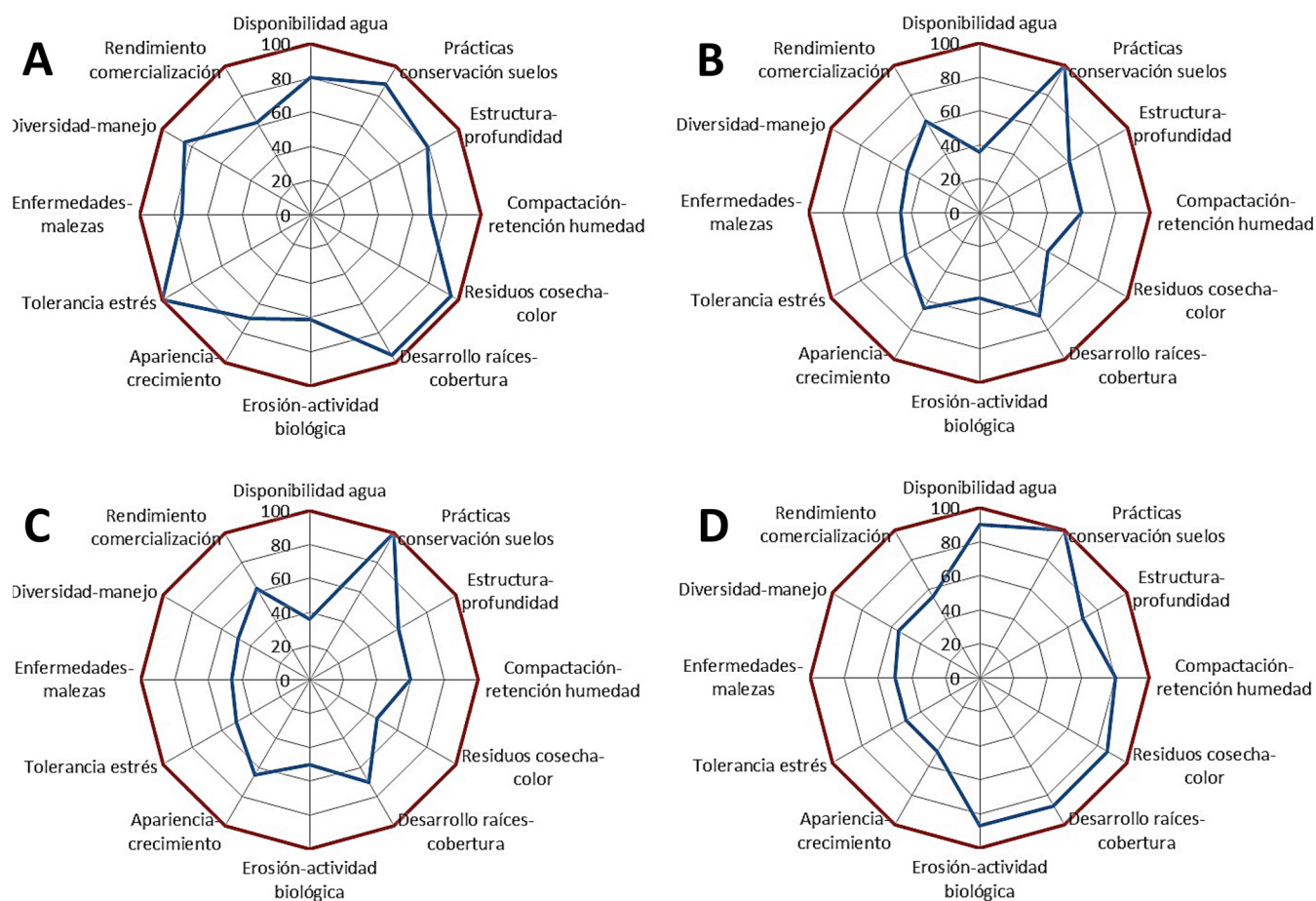


Figura 3. Diagnóstico de los sistemas de producción de los barrios Buena Esperanza (A), La Sota (B), Zapotepamba (C) y El Naranjo (D), provincia de Loja, Ecuador.

Adicionalmente, estos resultados indican la necesidad de transformar el concepto de sustentabilidad en definiciones y estrategias operacionales que puedan ser utilizadas para evaluar el impacto de distintas acciones en la sustentabilidad de los sistemas (FMAM 2000, López-Ribaura *et al.* 2005, Valarezo-Beltrón 2020).

Para abordar la evaluación de sustentabilidad en un agroecosistema es fundamental centrarse en las características básicas del concepto, y determinar cómo son afectadas dentro de cada dimensión. Según Masera *et al.* (1999), la medición de la sustentabilidad seguirá siendo una tarea compleja, debido a diversas razones, tales como las diferentes escalas de evaluación que van desde el planeta hasta una granja; la multitud de estructuras productivas, cada una con sus interacciones, relaciones sinérgicas y de complementariedad que dificultan la estandarización;

la necesidad de un punto de referencia que permita la comparación y emisión de juicios de valor sobre el grado de sustentabilidad de cada sistema, ya sea a través de la comparación transversal entre sistemas productivos o temporal de un sistema a lo largo de su evolución como consecuencia de la introducción de mejoras tecnológicas o prácticas de manejo; la necesidad de predecir el efecto en el grado de sustentabilidad futuro que tendrán las medidas adoptadas hoy.

Daboín *et al.* (2019) al trabajar con indicadores de sustentabilidad en cultivos de papa en Venezuela, señalaron que estos, resultaron elementos clave para comprender el avance de esta transición hacia la producción agroecológica, además de demostrar la importancia de la investigación participativa y la reflexión permanente en el proceso de conversión agroecológica para la sustentabilidad de las futuras generaciones.

Cuadro 2. Resumen de ubicación de indicadores por barrio, parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja, Ecuador.

Indicador	Barrio							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Disponibilidad de agua	4			2	6		2	
2. Prácticas de conservación de suelos	1	1	1	1	4	1	1	1
3. Estructura-profundidad						5		
4. Compactación-retención humedad		4	2	4		6	6	2
5. Residuos cosecha-color					2		3	
6. Desarrollo raíces-cobertura				3	3	2	4	
7. Erosión-actividad biológica	3						5	
8. Apariencia-crecimiento						3		
9. Tolerancia a estrés		5	3		1			
10. Enfermedades-malezas		3						
11. Diversidad-manejo	2		4		5			
12. Rendimiento-comercialización		2	5			4		3
Promedio del barrio	63	63	63	58	80	58	72	54

Barrio: 1: Casanga; 2 :Macandamine; 3: Sabanilla; 4: Guaypira; 5: Buena Esperanza ; 6 : La Sota; 7 : Zapotepamba; 8: El Naranjo

En cualquier caso, la evaluación del grado de sustentabilidad se encuentra en la base de cualquier intento de mejora de los sistemas de producción; por eso, en agroecosistemas se han utilizado distintas metodologías para evaluar la sustentabilidad, desde unas muy detalladas, sólo aplicables a condiciones experimentales, a otras muy generales, pasando desde la simple toma de datos a campo, por encuestas y entrevistas y llegando hasta la predicción mediante ecuaciones de regresión y modelos de simulación.

CONCLUSIONES

En el estudio realizado, las unidades agrícolas incluidas en el mismo, presentaron diferentes grados de sustentabilidad para cada indicador, de acuerdo a la escala valorativa, las cuales no presentaron altos valores, lo que confirma que en las unidades agrícolas de los barrios de la parroquia Casanga, es indispensable mejorar diversos aspectos para optimizar procesos de producción orientados a un desarrollo sustentable.

El análisis de los indicadores de sustentabilidad que tienen mayor influencia en la investigación realizada, indica que son las prácticas de conservación de suelos, disponibilidad de agua, y desarrollo de las raíces y cobertura de los suelos de la finca, catalogados en una escala de mayor a menor importancia sobre los sistemas de producción de los barrios de la parroquia Casanga.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, SM. 2011. Utilización del balance energético en la evaluación de la sostenibilidad ecológica del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en campo abierto y bajo invernadero en Cartago, Costa Rica (en línea). Tesis de Maestría, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. 106 p. Consultado 14 jun. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2O7APi7>
- Altieri, M; Nicholls, C. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas 64 (3), 17-24.

- Arnés, E. 2011. Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa, Nicaragua (en línea). Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 67 p. Consultado 13 jun. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3kNTfAu>
- Báez B, KA. 2005. Impacto de la innovación tecnológica en la sustentabilidad de los sistemas de producción de campesinos Pehuenches. Comuna de Lonquimay. IX Región de la Araucanía (en línea). Tesis de grado. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 156 p. Consultado 20 jun. 2020. Disponible en <https://bit.ly/38gRE0P>
- Castillo C, GJ; Cabrera Jaramillo, G. 2001. Funcionamiento y rentabilidad de las unidades de producción de la micro cuenca del río Yangana (en línea). Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 91 p. Consultado 22 jul. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3cd7pY6>
- Caicedo-Camposano, O; Soplín-Villacorta, C; Balmaseda-Espinosa, L; Cadena-Piedrahita, L; Leyva-Vázquez, M. 2020. Sustentabilidad de sistemas de producción de banano (*Musa paradisiaca* AAA) en Babahoyo, Ecuador. Revista Investigación Operacional 41(3):379-388.
- Caicedo-Camposano, O; Díaz-Romero, O; Cadena-Piedrahita, D; Galarza-Centeno, G. 2019. Diseño de un sistema de producción de arroz sostenible en Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. Killkana Técnica 3:19-24.
- Cedeño M, MG; Vélez Cedeño, JC. 2006. Análisis de las políticas de producción en áreas de riego en la provincia de Manabí y su incidencia en el desarrollo socio económico. Tesis de grado. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. 108 p.
- Daboín León, B; Meza, N; Morros, ME; Pierre, F; Marín, M. 2019. Indicadores de sustentabilidad en la evaluación del proceso de reconversión agroecológica de la producción de papa en la comunidad Marajabú, estado Trujillo. Observador del Conocimiento 4(2): 19-29.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2019. Los 10 elementos de la agroecología. Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles (en línea). 9 p. Consultado 20 dic. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3ri6vjb>
- FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial, EEUU). 2000. Contribuciones del fondo para el medio ambiente mundial al programa 21 (en línea). 64 p. Consultado 22 jun. 2009. Disponible en <https://bit.ly/2OtLQu5>
- Guadiana, ZA. 2020. Sustentabilidad de la agricultura familiar en regiones áridas y semiáridas. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales. Universidad San Luis de Potosí. México. 109 p.
- Guzmán Casado, GI; Alonso Mielgo, AM. 2007. La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. Ecosistemas 16(1): 24-36.
- Ilbay Yupa, ML. 2011. Identificación del sistema de producción de un agricultor tipo en el cantón Mocha, provincia de Tungurahua, para diseñar alternativas de optimización (en línea). Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Consultado 14 jun. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3qmAUL>
- JPC (Junta Parroquial de Casanga, Ecuador). 2011. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja. Casanga, Paltas, Loja, Ecuador (en línea). Consultado 25 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3rpekDA>
- Leal Muñoz, N. 2007. Contribución al estudio de los sistemas de producción campesinos del municipio de Ocaña: el caso de la cooperativa multiactiva agroecológica Agrovida limitada. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 110 p. Consultado 14 jun. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3qlikDV>
- López-Ridaura, S; Masera, O; Astier, M. 2001. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: el marco MESMIS (en línea). Leisa 46(4). Consultado 10 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3v0rwBm>
- López-Ridaura, S; Keulen, H; Ittersum, M; Leffelaar, P. 2005. Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems (en línea). Environment,

- Development and Sustainability volume 7:51-69. Consultado 10 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3uZfUhU>
- Martínez Castillo, R. 2009. Sistemas de producción agrícola sostenible. *Tecnología en Marcha* 22(2): 23-39.
- Masera, O; Astier, M; López, S. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. México: Gira Mundial (en línea). 59 p. ISBN 968-7462-11-6. Consultado 16 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2PAGLk1>
- Muner, LH. 2011. Sostenibilidad de la caficultura arábica en el ámbito de la agricultura familiar en el Estado de Espírito Santo – Brasil (en línea). Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 263 p. Consultado 10 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3cbxPZY>
- Peralta S, VJ. 2010. Diagnóstico agroecológico de sistemas agrícolas (en línea). Consultado 10 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3sOJe8O>
- Piedra R, WP. 2012. Elementos básicos para el diseño predial de una finca agroecológica (en línea). Tesis de Pregrado. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 64 p. Consultado 10 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3c4lZZT>
- Román Campoverde, GC. 2012. Diagnóstico situacional turístico de la parroquia rural Casanga del cantón Paltas de la provincia de Loja (en línea). Tesis de grado. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 278 p. Consultado 10 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3sOK2dQ>
- Sarandón, SJ; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28.
- Toro, P; García, A; Gómez-Castro, AG; Perea, J; Acero, J; Rodríguez-Estévez, V. 2010. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas. *Archivos de Zootecnia* 59 (232): 71-94.
- Uzcanga-Pérez, NG; Chanatásig-Vaca, CI; Cano-González, A. 2020. Sustentabilidad socioeconómica y ambiental de los sistemas de producción de maíz de temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11 (5): 993-1004.
- Valarezo-Beltrón, O. 2020. Marco aplicado para la sustentabilidad social y ambiental de fincas productoras de limón (*Citrus aurantifolia* (Christm) S.) en Portoviejo, Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere* 8(1): 19-31.

Manejo de *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) en cultivo de *Hedychium coronarium* (Koenig) con *Heterorhabditis amazonensis* (Andaló et al.) cepa HC1

Mayra G. Rodríguez-Hernández^{1*} , Idania Hernández-Sabourin², Ileana Miranda-Cabrera¹ ,
Ligia Carolina Rosales-Amado³ , María A. Martínez-Rivero¹ 

¹Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Dirección de Sanidad Vegetal. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

²ETICA Mayabeque-Pinar del Río, Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos "Pablo Noriega". Quivicán, Grupo Empresarial AZCUBA, Cuba. ³Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Venezuela. Correo electrónico: mrguez@censa.edu.cu

RESUMEN

En Cuba, el cultivo de la mariposa (*Hedychium coronarium* K.) es afectado por la cochinilla *Dysmicoccus brevipes*. El objetivo del estudio fue determinar la efectividad del nematodo entomopatógeno (NEP) *Heterorhabditis amazonensis* cepa HC1, sobre este insecto en tres condiciones: laboratorio, semi-controladas y campo. *In vitro*, se aplicaron tres dosis de juveniles infectivos (JI) del NEP: 1; 1,5 y 2×10^2 JI·mL⁻¹ sobre adultos de la cochinilla. ii) En condiciones semi-controladas, rizomas de mariposa fueron plantados en macetas de 5 kg e infestados con 10 - 12 adultos de *D. brevipes*. Se aplicaron cuatro tratamientos de NEP (1; 1,5 y 2×10^5 JI·maceta⁻¹) más el testigo. c) En campo se seleccionaron 60 plantas infestadas y se aplicaron 2×10^5 JI·planta⁻¹. Los datos se analizaron con ANOVA y la eficacia de los mismos se determinó mediante la fórmula de Abbot. En los ensayos *in vitro* se produjo 100 % de mortalidad de *D. brevipes* a las 72 h. Las macetas que recibieron NEP exhibieron poblaciones significativamente menores que las del testigo y la eficacia del control de las cochinillas estuvo por encima del 80 %. En campo se produjo una disminución de la población inicial, de unos 100 - 150 insectos por plantón, a una media de 9,6 a los 15 días y a valores no apreciables, 45 días después de la aplicación de NEP. La cepa cubana (HC1) de *H. amazonensis* parasitó a *D. brevipes* en laboratorio, condiciones semi-controladas y campo, evidenciando su potencialidad para el manejo de la plaga.

Palabras clave: cochinilla harinosa de la piña, flor mariposa blanca, flor nacional de Cuba, nematodos entomopatógenos, ornamentales

Management of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) in *Hedychium coronarium* (Koenig) crop with *Heterorhabditis amazonensis* (Andaló et al.) strain HC1

ABSTRACT

In Cuba, the culture of the butterfly (*Hedychium coronarium* K.) is affected by the mealybug *Dysmicoccus brevipes*. The objective of the study was to determine the effectiveness of the entomopathogenic nematode (NEP) *Heterorhabditis amazonensis* strain HC1, on this insect under three conditions: laboratory, semi-controlled and field. *In vitro*, three infective juveniles (JI) doses of NEP were applied: 1; 1.5, and 2×10^2 JI·mL⁻¹ on adults of the mealybug. ii) Under semi-controlled conditions, butterfly rhizomes were planted in 5 kg pots and infested with 10 - 12 adults of *D. brevipes*. Four NEP treatments were applied (1, 1.5, and 2×10^5 JI·pot⁻¹) plus the control. c) In field, 60 infested plants were selected and 2×10^5 JI·plant⁻¹ were applied. The data were analyzed with ANOVA and their efficacy was determined using the Abbot formula. *In vitro* tests produced 100 % mortality of *D. brevipes* at 72 h. The pots that received NEP exhibited significantly lower populations than those of the control and the effectiveness of the control of mealybugs was above 80 %. In the field, there was a decrease in the initial population, from about 100 - 150 insects per seedling, to an average of 9.6 at 15 days and to non-appreciable values, 45 days after the application of NEP. The Cuban strain (HC1) of *H. amazonensis* parasitized *D. brevipes* in the laboratory, semi-controlled conditions and in the field, evidencing its potential for pest management.

Key words: pineapple mealybug, white butterfly Ginger Lily, Cuban national flower, entomopathogenic nematodes, ornamental

INTRODUCCIÓN

La planta *Hedychium coronarium* (Koenig) (Zingiberales: Zingiberaceae), conocida como “mariposa”, crece en numerosas partes del mundo. Se utiliza ampliamente en medicina tradicional en diferentes zonas del Himalaya (Tailor y Goyal 2015), por sus efectos antibacterianos, antioxidantes, citotóxicos y antiinflamatorios (Hartati *et al.* 2014). Se reconoce como la “flor nacional” de Cuba desde 1936 (González 2015).

La mariposa (*H. coronarium*) se cultiva en diversas zonas del país, para la obtención de flores de corte, en sistemas de agricultura urbana, suburbana y familiar. Por su ubicación, dentro o en la periferia de ciudades y pueblos, las fincas donde se producen estas flores deben utilizar el manejo agroecológico de plagas, sin usar plaguicidas químicos (Companioni *et al.* 2016).

En Cuba resulta muy escasa la información acerca de las características del cultivo y las plagas que lo afectan, contando sólo con informes aislados acerca de la presencia de algunas plagas de artrópodos (De la Torre y Rodríguez 2010, Hernández y Martínez 2012) y hongos (Martínez y Hernández-Sabourin 2013); sin embargo, en fincas de producción de flores en la capital del país, durante el verano, se producen afectaciones por la presencia de altas poblaciones de chinches harinosas o cochinillas harinosas, identificadas como *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell, 1893) (Hemiptera: Pseudococcidae) (Hernández y Martínez 2012). La duración aproximada del ciclo de vida es de 60 días y cada hembra puede dar origen a más o menos 144 ninfas (Manjushree y Chellappan 2019). Las ninfas se alimentan en el rizoma de las plantas de mariposa, causando mermas en la producción. Reiteradamente los agricultores solicitan alternativas para el manejo de esta plaga, donde los nematodos entomopatógenos pudieran ser una de las opciones a utilizar.

En Cuba, los nematodos entomopatógenos se utilizaron con éxito en el manejo de diversas plagas que afectan partes aéreas y subterráneas, en condiciones de campo, en col de repollo (*Brassica oleracea* L.), camote o boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), café (*Coffea* spp.), entre otros cultivos (Infante 2005, Rodríguez 2015, San-Blas *et al.* 2019). La especie *Heterorhabditis amazonensis* (Rhabditida: Heterorhabditidae) descrita en Brasil (Andaló *et al.* 2006), se encuentra también en Cuba y Venezuela

(San-Blas *et al.* 2019). Las especies del complejo Pseudococcidae que afectaron el café en regiones del oriente en Cuba, resultaron susceptibles a la cepa HC1 de *H. amazonensis* (Rodríguez *et al.* 1998), pero se desconoce si pueden ser utilizados, de forma efectiva, en el manejo de *D. brevipes* en el cultivo de mariposa. Esta cepa de nematodos se produce masivamente en decenas de Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos en Cuba (Rodríguez 2015) lo que hace que este organismo esté disponible para una parte importante de los productores de flores y otros cultivos.

El objetivo de este estudio fue determinar las potencialidades *H. amazonensis* cepa HC1 para el manejo de *D. brevipes* en plantaciones de mariposa (*H. coronarium*) en La Habana, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en tres condiciones: laboratorio, semi-controladas y campo. Las dos primeras se desarrollaron en instalaciones del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) 22°59'29.3634"N; 82°9'5.292"O, en la provincia de Mayabeque. El estudio de campo se efectuó en la Finca Barroso 23°4'52.896"N; 82°21'53.9994"O (2,3 ha) perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios “Fructuoso Rodríguez” del Municipio Arroyo Naranjo, Provincia Ciudad Habana, Cuba.

Los especímenes (*D. brevipes*) que se utilizaron en los ensayos *in vitro* y en condiciones semi-controladas se obtuvieron a partir de plantas infestadas naturalmente, procedentes de la Finca Barroso. Los insectos se recolectaron junto a rizomas y el suelo que los circundaba en puntos de la finca y se colocaron en bolsas de papel para su traslado al laboratorio.

Con los insectos recolectados se estableció una colonia en laboratorio de Entomología del CENSA utilizando un insectario (caja de madera y cristal, cerrada en la parte superior con malla anti-áfidos). Se colocó como sustratos, frutos íntegros de calabaza (*Cucurbita* sp.) y tubérculos de papas (*Solanum tuberosum* L.) con brotes, previamente desinfectados superficialmente, con solución clorada (1 %), durante 15 minutos. Luego se enjuagaron con agua y se secaron al aire. En el laboratorio, donde se mantuvo el insectario, las condiciones fueron $T = 25 \pm 2$ °C, 80 % de HR y foto-período de 12 h (Martínez 1996).

Los nematodos entomopatógenos (*H. amazonensis*) cepa HC1 ([GenBank -BankIt1899363 Hamaz_HC1 KU870321](#)) se reprodujeron *in vivo*, utilizando larvas del último instar de *Galleria mellonella* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) siguiendo los procedimientos establecidos en el Laboratorio de Nematología Agrícola del CENSA (Sánchez *et al.* 2001, Enrique *et al.* 2006). Los nematodos se recolectaron, utilizando Trampas White (White 1927), 12 días después de la inoculación, recolectando nematodos en las primeras 72 h y colocándolos en bandejas con agua destilada a 25 ± 2 °C. Para los experimentos en laboratorio y condiciones semi-controladas, se utilizaron juveniles infectivos (JI) recién emergidos provenientes de las bandejas; mientras que, para el experimento de campo, los JI se colocaron en bolsas de polietileno transparente con una porción de esponja, a razón de cinco millones de JI·bolsa⁻¹ (Sánchez *et al.* 2001) para su traslado al campo. La concentración de JI en la solución y cálculo de las dosis, se determinaron por el método descrito por Glazer y Lewis (2000).

Evaluación de virulencia de nematodos entomopatógenos sobre *D. brevipes* (*in vitro*)

Como tratamientos, se utilizaron tres dosis de JI: 1; 1,5 y 2×10^2 JI·mL⁻¹, aplicando 1 mL de la solución de JI por placa Petri de 90 mm de diámetro. Las placas se forraron internamente con papel de filtro a manera de cámara húmeda y se colocaron 10 individuos adultos de *D. brevipes* (unidad experimental), utilizando cinco repeticiones por tratamiento, para un total de 50 individuos por tratamiento. En el tratamiento testigo, se aplicó agua destilada y se emplearon igual número de repeticiones.

Se contabilizaron los individuos muertos y vivos a las 24, 48 y 72 h posteriores a la aplicación de los nematodos y los datos se sometieron a un análisis de comparaciones de proporciones, utilizando el programa de Infostat versión 1.1 (Di Rienzo *et al.* 2017). Los especímenes de chinches muertos se disecaron, transcurridos cinco días de la inoculación, bajo microscopio estereoscópico Stemi DV4® para corroborar las causas de la mortalidad.

Evaluación en condiciones semi-controladas

Para este ensayo se utilizó suelo de la Finca Barroso, que se trasladó al Laboratorio de Nematología (CENSA), y se esterilizó al vapor (121 °C, 60 min). Con

el objetivo de garantizar un mejor desarrollo vegetativo de las plantas se efectuó una aplicación de FitomaS-E® (2 mL en 998 mL de agua), bionutriente foliar producido en Cuba (ACPA 2010).

Se llenaron 40 macetas de 5 kg de capacidad y se plantaron en ellas rizomas de *H. coronarium* libres de agentes nocivos. Las macetas se colocaron en aisladores biológicos (casas de mampostería, mallas anti-áfidos y techos plásticos) del CENSA, con temperaturas entre 27 - 32 °C y HR de 75 - 82 % de, donde permanecieron dos meses, con riego en días alternos, hasta que los tallos alcanzaron 0,50 - 0,70 m de altura.

A partir de este momento se infestaron las plantas de cada maceta, colocando en la base del tallo, una porción de rizoma infestado con 10 - 12 insectos adultos. A los 45 días de infestadas las plantas, se tomaron cuatro macetas y se realizó un conteo poblacional, auxiliándose de una lupa de 10x. Utilizando un diseño completamente aleatorizado, las 36 macetas restantes se dividieron en cuatro tratamientos con nueve réplicas; tres tratamientos, donde se aplicaron los nematodos en suspensión acuosa, al suelo en la base de las plantas de la siguiente manera: T1: 1×10^5 JI·maceta⁻¹, T2: $1,5 \times 10^5$ JI·maceta⁻¹, T3: 2×10^5 JI·maceta⁻¹ y T4: tratamiento testigo donde solo se aplicó agua.

El experimento se evaluó 30 días después de la aplicación de los nematodos y se determinó el número de individuos vivos (población total) en cada tratamiento/ replicas. Se tomaron muestras de suelo de los tratamientos aplicados con nematodos y se trasladaron al laboratorio para determinar la permanencia de poblaciones de estos nematodos en el suelo, con el uso de *G. mellonella* como trampa (Bedding y Akhurst 1975).

Los datos fueron procesados a través de Análisis de Varianza simple (ANOVA) y las medias comparadas con Duncan y la eficacia de los nematodos se determinó a través de la fórmula de Abbott (1925) que establece que:

$$Mc = \left(\frac{M_{tto} - M_{test}}{100 - M_{test}} \right) \times 100$$

donde Mc = Mortalidad corregida; M_{tto} = Mortalidad Tratamiento; M_{test} = Mortalidad en el testigo.

Efecto de la aplicación de nematodos entomopatógenos sobre *D. brevipes* en condiciones de campo

Se seleccionaron dos campos en la finca Barroso, uno se utilizó como testigo sin aplicación (0,09 ha) y en el segundo (0,12 ha), se aplicaron nematodos entomopatógenos (*H. amazonensis* cepa HC1).

Para determinar la existencia o no de nematodos entomopatógenos nativos en la finca Barroso, se tomaron muestras de suelo en cinco puntos de ambos campos, que se tamizaron y colocaron en placas (de 90 mm) con 10 larvas del último instar de *G. mellonella*, como cebo (Bedding y Akhurst 1975).

Se determinó inicialmente el índice de infestación por chinches harinosas de cada uno de los dos campos, utilizando el método de descrito por Martínez (1996). Para ello, se tuvo en consideración la presencia de plantas con follaje más claro o cloróticas, que se presentan en franjas o zonas elipsoidales (Figuras 1A y 1B), reflejo del tipo de dispersión de estos organismos (Martínez 1996).

En el campo que se trataría con *H. amazonensis* cepa HC1 se seleccionaron cinco puntos (al azar) dentro de las franjas sintomáticas y se marcaron 10 - 12 plantas (réplicas) para un total de 50 - 60 plantas donde se aplicaron JI y a las que se realizó, antes del tratamiento, el conteo de cochinillas, inclinando y sacando ligeramente las mismas, sin levantarlas totalmente del suelo. En las raíces afectadas se puede observar el deterioro de las mismas



Figura 1A. Síntomas en follaje asociados a la presencia de *Dysmicoccus brevipes* en plantación de *Hedychium coronarium* en una finca en Ciudad de la Habana, Cuba: Franja o zona de plantas con clorosis



Figura 1B. Síntomas en follaje asociados a la presencia de *Dysmicoccus brevipes* en plantación de *Hedychium coronarium* en una finca en Ciudad de la Habana, Cuba: Plantas cloróticas y de menor tamaño.

causadas por la alimentación de las colonias de cochinillas (Figuras 2 A y B).

El tratamiento, consistió en la aplicación de nematodos entomopatógenos a razón de 2×10^5 JI/planta⁻¹, utilizando una mochila (asperjadora) de 16 L de capacidad (MATABÍ®). Las evaluaciones se realizaron a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación, cuantificando los niveles de población en ambos campos, mediante un muestreo destructivo, pues se sacaron plantones



Figura 2A. Raíces y rizoma de *Hedychium coronarium* con poco deterioro con una infestación inicial por *Dysmicoccus brevipes*.



Figura 2B. Rizomas de *Hedychium coronarium* con avanzado deterioro y colonias de escamas harinosas

y se contaban los individuos con una lupa de 10x. Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y las medias comparadas por Duncan, utilizando el programa Infostat, versión 1.1 (Di Rienzo et al. 2017).

Para determinar la supervivencia en suelo de los nematodos entomopatógenos, se tomaron muestras alrededor de cada punto, en las mismas fechas en que se evaluaron las poblaciones de chinches, las que se llevaron al laboratorio y se procesaron por el método de cebo (Bedding y Akhurst 1975).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de virulencia de nematodos entomopatógenos sobre *D. brevipes* (*in vitro*)

En el ensayo de laboratorio, se produjo mortalidad de las chinches desde las 24 h posteriores a la aplicación (sin diferencia entre los tratamientos que recibieron JI) y transcurridas 72 h, el 100 % de los especímenes estaban muertos en los tres tratamientos. Esto se corresponde con lo esperado en experimentos *in vitro*, donde no hay barreras entre los nematodos y sus hospedantes, condiciones en las que, prácticamente, todos los insectos son susceptibles a nematodos entomopatógenos. Esto concuerda con lo señalado con Zart et al. (2021), quienes utilizando el aislado NEPET11 de *H. amazonensis* indicaron una mortalidad de 88 % en *D. brevipes*, a una concentración de 25 IJ·cm⁻².

En un estudio que reúne los resultados de investigaciones desarrolladas en América Latina en los últimos años, se expuso que decenas de especies de insectos fueron susceptibles a nematodos entomopatógenos en condiciones de laboratorio (San-Blas et al. 2019). El uso de estos nematodos para el control de escamas harinosas ha sido estudiado y al aplicar *H. amazonensis* en diferentes concentraciones sobre *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae), se encontró que las hembras fueron más susceptibles con un 90 % de mortalidad. Los estadios ninfales tuvieron una mortalidad que varió de 20 a 60 % en dependencia de la concentración de los nematodos, lo que demostró que *H. amazonensis* puede ser considerado como un potencial bicontrolador de la cochinilla rosada (Fuenmayor et al. 2020).

Los individuos de *D. brevipes* parasitados por los nematodos, cambiaron de color del blanco-rosado, que presentan las chinches cuando están sanas, al rojizo-marrón, descrito para los insectos muertos a causa de esta especie de nematodos (Rodríguez 2015). Al disectar los cadáveres en agua, se observaron adultos y juveniles del nematodo que estaban dentro (Figura 3).

Stuart et al. (1997) determinaron, en condiciones de laboratorio, *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar), parasitó a *Dysmicoccus vaccinii* (Miller y Polavarapu),

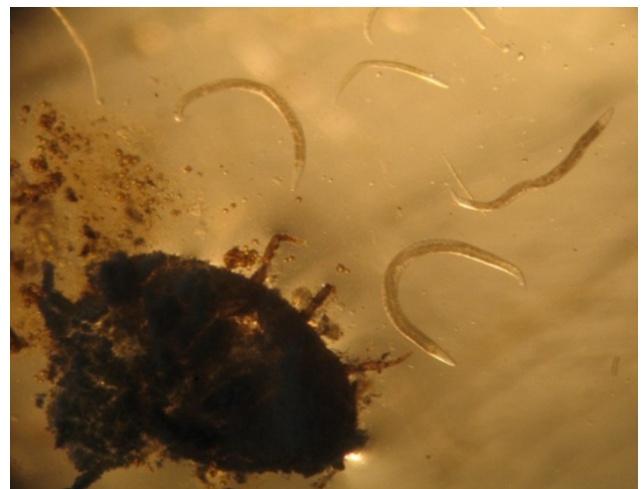


Figura 3. Adultos y juveniles infectivos de *Heterorhabditis amazonensis* (cepa HC1) que se encontraban en el interior del cadáver de un adulto de *Dysmicoccus brevipes* proveniente de placas tratadas con juveniles infectivos del nematodo, en condiciones de laboratorio

plaga de las raíces del arándano (*Vaccinium corymbosum* L., 1753) señalando que, para el manejo de la plaga en campo, las aplicaciones de los nematodos entomopatógenos debían ser inundativas. Por otra parte, nematodos del género *Heterorhabditis* fueron altamente virulentos, en condiciones de laboratorio, frente a la chinche de la raíz del cafeto (*Dysmicoccus texensis* (Tinsley)) (Alves *et al.* 2009).

De igual modo, *D. brevipes* resultó susceptible a *H. bacteriophora* HP88, *Heterorhabditis mexicana* (Nguyen *et al.* 2004), las cepas LPP22 y LPP30 de *Heterorhabditis indica* Poinar *et al.* 1992, *Heterorhabditis baujardi* Phan *et al.* 2003, *Steinernema carpocapsae* (Weiser 1955) Wouts *et al.* 1982, *Steinernema rarum* (de Doucet 1986) Mamiya 1988 y *Steinernema feltiae* (Filipjev 1934) Wouts *et al.* 1982, causando mortalidad significativamente mayor, en comparación con el tratamiento control (sin nematodos); donde *H. indica* LPP30 evidenció poseer gran potencial para el control de la especie de chinche (Ferreira *et al.* 2015).

Guide *et al.* (2016) evaluaron la eficacia de 15 aislados de nematodos entomopatógenos sobre la chinche de la raíz de la yuca (*Dysmicoccus* sp.) en condiciones de laboratorio e invernadero. En laboratorio, evaluaron cinco tratamientos (dosis): 0, 5, 10, 20 y 50 JI por cm², utilizando vasos con arena estéril y los aislados NEPET11 (*Heterorhabditis* sp.) and RSC05 (*H. amazonensis*) mostraron ser los más virulentos con porcentajes de mortalidad de 93 y 90 %, respectivamente.

Evaluación en condiciones semi-controladas

Las mayores poblaciones de chinches harinosas se registraron en el testigo sin aplicación y las más bajas donde se aplicó la concentración mayor de nematodos, con diferencias significativas (Figura 4).

En el caso de los tratamientos que recibieron las dosis media y alta de nematodos entomopatógenos, equivalente a $1,5$ y 2×10^5 JI·maceta⁻¹ respectivamente, las poblaciones de cochinillas casi desaparecieron, indicativo de la efectividad de estos organismos para manejar las poblaciones de la plaga en el suelo.

En el suelo, los nematodos de esta especie, cuya estrategia de búsqueda es activa (Sánchez 2002), responden a señales volátiles que se disuelven en las películas de agua que circundan a los hospedantes o a su ambiente inmediato (Lewis *et al.* 2006), lo que

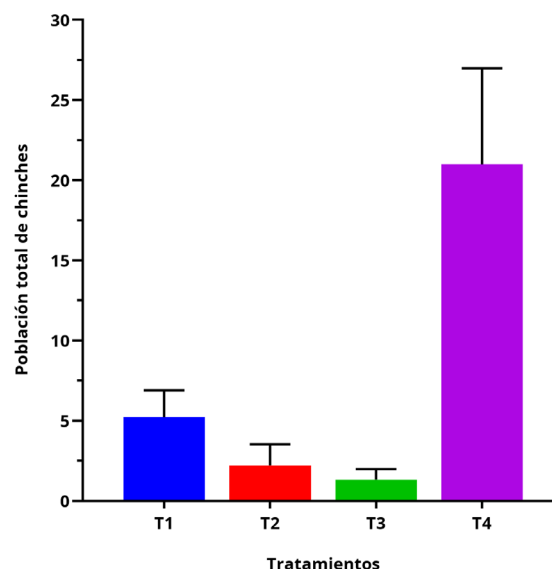


Figura 4. Efecto de tres dosis de juveniles infectivos (JI) de *Heterorhabditis amazonensis* cepa HC1 sobre la población de *Dysmicoccus brevipes* en plantas de la mariposa (*Hedychium coronarium*) en experimento en macetas con suelo. T1: 1×10^5 JI·maceta⁻¹, T2: $1,5 \times 10^5$ JI·maceta⁻¹, T3: 2×10^5 JI·maceta⁻¹ y T4: tratamiento testigo donde solo se aplicó agua.

los hace muy favorables para el manejo de este tipo de plagas de suelo.

El ambiente protegido en que se desarrollan las chinches harinosas en el rizoma y la base del tallo de la planta de mariposa (Figuras 2 A y B), impone condiciones difíciles para su manejo, por lo que resulta muy adecuado haber seleccionado como agente de control biológico a los nematodos entomopatógenos. Estos organismos son capaces de moverse en el suelo, hallar a sus hospedantes y parasitarlos (Ishibachi y Kondo 1990), lo que no se logra con el empleo de otros agentes microbianos, artrópodos benéficos e insecticidas de contacto.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en condiciones semi-controladas por diversos autores (Rodríguez *et al.* 1998, Andaló *et al.* 2004, Alves *et al.* 2009), donde los nematodos evidenciaron su efectividad en el manejo de escamas harinosas de los géneros *Planococcus* y *Dysmicoccus*.

Las tres dosis evaluadas produjeron mortalidades por encima de 80 % (Figura 5), lo que confirmó la efectividad de los tratamientos, resultado superior a

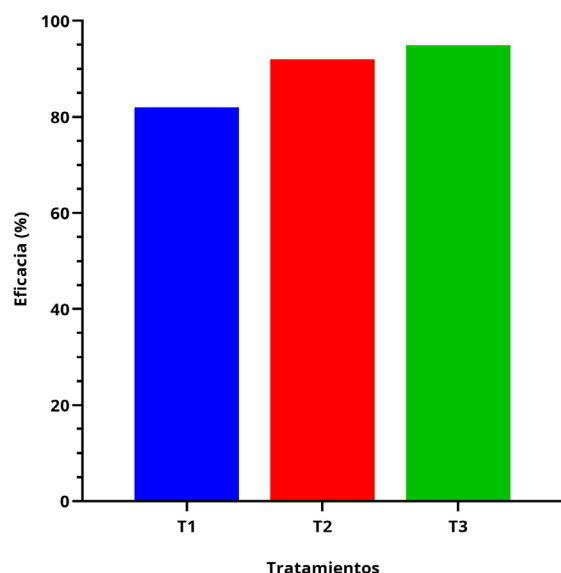


Figura 5. Eficacia de los tratamientos con tres dosis nematodos entomopatógenos aplicadas a poblaciones de *Dysmicoccus brevipes* que infectaron plantas de *Hedychium coronarium* en condiciones semicontroladas. T1: 1×10^5 JI·maceta⁻¹, T2: $1,5 \times 10^5$ JI·maceta⁻¹, T3: 2×10^5 JI·maceta⁻¹

los obtenidos por Alves et al. (2009) en su estudio de *Heterorhabditis* sp. (Cepa JPM 3) en experimentos en casas de vegetación, que obtuvieron 68 % de control de *Dysmicoccus texensis* Tinsley (1900) en café.

Se constató la presencia de nematodos entomopatógenos en el suelo 45 días después de su aplicación en las macetas a través de la técnica de cebo, con porcentajes de mortalidad en *G. mellonella* de 37, 22 y 43 % en las tres dosis evaluadas. Al respecto, Wilson y Gaugler (2004) señalaron que las poblaciones de nematodos en el suelo se reducen con el tiempo luego de ser aplicados; pero que, de manera general, ciertas densidades poblacionales se reciclan en ese ambiente.

Los resultados de este estudio coinciden con los hallazgos de Guide et al. (2016), quienes informaron que, cuando aplicaron los aislados *H. amazonensis* (RSC05) y *Heterorhabditis* sp. (NEPET11), como suspensiones al suelo y a una dosis de $100 \text{ JI} \cdot \text{cm}^{-2}$ a macetas de 5 L, con fragmentos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. Caiuã, con *Dysmicoccus* sp., el porcentaje de eficacia fue de 65,8 % para la cepa NEPET11 y de 44,7 % con la cepa RSC05, lo que indicó, según esos autores, que se redujeron las colonias en el suelo.

Los estudios en condiciones de casa de vegetación (aisladores biológicos) resultan imprescindibles, pues indican las posibilidades de una cepa o aislado para tener éxito en campo, pues se coloca a los nematodos en el ambiente suelo, lo que no se logra en los estudios in vitro en laboratorios; permitiendo, además, seleccionar las dosis a utilizar en los ensayos de campo.

Considerando que los mejores resultados del experimento en condiciones semi-controladas se alcanzaron con la dosis de 2×10^5 JI·maceta⁻¹ y de que Denno et al. (2008) comentaron, en una revisión de artículos en bases de datos internacionales, que las concentraciones utilizadas en experimentos en campo deben ser altas, se determinó que esa fuera la dosis empleada en campo.

Efecto de la aplicación de nematodos entomopatógenos sobre *D. brevipes* en condiciones de campo

No se encontraron nematodos entomopatógenos nativos en el suelo de la Finca Barroso, de ahí que los resultados obtenidos se pueden atribuir a las aplicaciones de *H. amazonensis* cepa HC1.

Numerosos ensayos se emplearon para determinar la eficiencia en campo de los nematodos entomopatógenos y aunque los métodos varían grandemente, tienen en común el hecho de que deben ser efectuados muestreos previos, con el objetivo de determinar la presencia de poblaciones naturales de estos organismos, las que podrían interferir en los resultados de los experimentos (Koppenhofer 2000).

En la parcela seleccionada para las aplicaciones de nematodos entomopatógenos se observaron plantas cloróticas dispuestas en forma de zonas circulares o elipsoidales, en cuyos rizomas se presentaban hendiduras con colonias de chinches harinosas (*D. brevipes*) (Figura 1).

Según Panis (1969) los daños de las cochinillas sobre las plantas pueden ser directos o indirectos. El daño directo se produce en el proceso de alimentación, cuando el estilete se introduce en el tejido vegetal y, adicionalmente, algunas especies inyectan toxinas en las plantas que atacan (Gullan y Martín 2009, Frank y Barker 2019), durante la succión de la savia. Ello conduce a un efecto expoliatriz, fitotóxico e irritante en las plantas que da lugar a una clorosis inicial que desencadena en necrosis (Panis 1969).

En Cuba *D. brevipes*, además de causar daños directos a la piña (*Ananas comusus* (L.) Merr, 1917), es agente trasmisor (virus) de la enfermedad denominado Wilt, las plantas fuertemente atacadas presentan cierto agotamiento, que las hace menos productivas a causa de la gran cantidad de savia que le es succionada por las chinches; las hojas atacadas cambian su color de verde a amarillo rojizo y acaban por marchitarse totalmente (Martínez *et al.* 2006). La presencia de esta especie de escama en los campos de *H. coronarium* en La Habana pudiera ser causa de los daños y pérdidas que citan los productores de esas áreas, debiéndose evaluar los daños por especialistas en Entomología.

La población inicial de *D. brevipes* en las plantas evaluadas en el ensayo de campo, estuvo entre 100 y 150 individuos, disminuyendo ostensiblemente en el campo tratado con una media poblacional de 9,6 individuos x plantón, a los quince días de la aplicación. A los 45 días posteriores a la aplicación de nematodos entomopatógenos se evidenció la eficacia de los nematodos en la total disminución de las poblaciones de este tipo de plaga en el suelo. En el área empleada como testigo, la población continuó creciendo de forma ascendente y significativa, alcanzando la mayor densidad a los 45 días, donde el valor medio fue de 238,7 individuos por plantón (Figura 6).

En Cuba, los nematodos entomopatógenos se utilizaron de forma efectiva en el manejo de escamas harinosas en cultivos como el café (Rodríguez *et al.* 1998, Martínez y Suris 2000) donde hay poblaciones aéreas y subterráneas. En Brasil, Alves *et al.* (2009) observaron que el aislamiento JMP3 de *Heterorhabditis* sp., aplicado en suspensión acuosa al suelo en campos de café obtuvo valores de eficiencia (65 %) que difirieron, significativamente, del control de *Dysmicoccus texensis* (Tinsley). Igualmente Arista (2017) aplicó entre 900 y 2700 x 10⁶ JI·ha⁻¹ en forma fraccionada (tres aplicaciones, una cada 10 días) y encontró reducción en el nivel de incidencia de *D. brevipes* en piña 20 días después de la última aplicación.

En cuanto a la supervivencia en suelo del nematodo, se constató que luego de la aplicación, el número de larvas de *G. mellonella* parasitadas disminuye a partir del primer día (evaluación 1), un 50 % a los quince días, un 90 % a los 30 días y sobrevivió menos de un 10 %, a los 45 días (evaluación 4), donde las poblaciones del nematodo fueron casi no detectables. No obstante, aún a los 30 días había nematodos activos en el suelo, lo que coincide con lo encontrado por diferentes autores (Alves *et al.* 2009, Rodríguez *et al.* 2011) para suelos de café. Los nematodos entomopatógenos

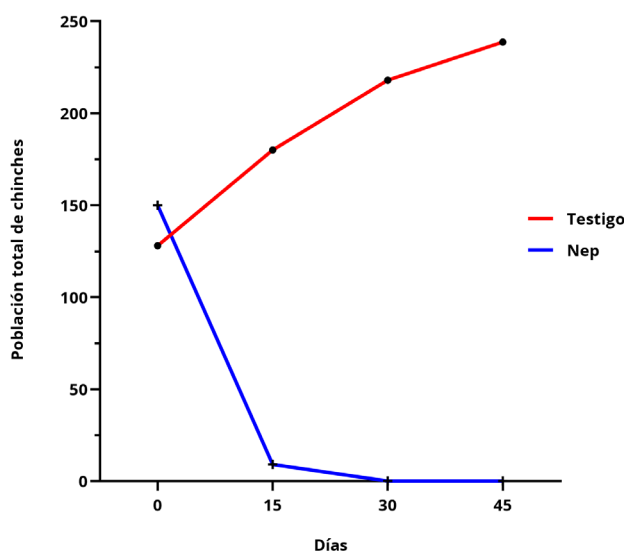


Figura 6. Comportamiento de poblaciones de *Dysmicoccus brevipes* en dos campos, uno tratado con los nematodos entomopatógenos (Nep) de la especie *Heterorhabditis amazonensis* cepa HC1 (población cubana) y otro no tratado

fueron aplicados para el manejo de *D. texensis* e *Hypothenemus hampei*, respectivamente, y los nematodos fueron encontrados en el suelo tiempo después de haber sido aplicados.

Con relación al reciclaje y permanencia de nematodos entomopatógenos, señalaron Susurluk y Ehlers (2007) que la humedad del suelo es, probablemente, uno de los factores de mayor importancia, con impacto en el establecimiento de estos organismos. Igualmente la intensidad de la labranza, es otro elemento a tomar en cuenta ya que la labranza va en contra del establecimiento de los mismos. El cultivo de mariposa recibe riego con mucha regularidad y en el caso de la Finca Barroso, se encuentra en suelo arcilloso situada en las riveras de un río, manteniendo el suelo humedad todo el año. Con respecto a la labranza, ésta no se lleva a cabo. Ambos aspectos favorecen el establecimiento de los nematodos en este caso.

Los resultados obtenidos en este estudio, donde la aplicación de nematodos entomopatógenos resultó en la disminución de *D. brevipes* en el cultivo de mariposa (*H. coronarium*), abren nuevas perspectivas para el uso de estos organismos en el manejo de plagas en flores para corte, y fueron favorablemente acogidos por el productor quien, a partir de ese momento, utilizó estos biorreguladores en su finca.

CONCLUSION

La cepa cubana (HC1) de *H. amazonensis* parasitó a *D. brevipes* en ensayos de laboratorio y condiciones semi-controladas, provocando también, disminución de la población de chinches en un campo de producción de mariposa (*H. coronarium*) para la obtención de flores de corte, evidenciando las potencialidades de esta cepa de nematodos entomopatógenos para el manejo de la plaga.

LITERATURA CITADA

- Abbott, WS. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide (en línea). *Journal of Economic Entomology* 18(2):265-267. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en <https://doi.org/gf45ms>
- ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal). FitomaS-E. Revista ACPA. 2/2010:17. Consultado 11 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2LxwNhU>
- Alves, VS; Moino Jr, A; Santa-Cecilia, VC; Rohde, C; Tramontin Da Silva, MA. 2009. Testes em condições para o controle de *Dysmicoccus texensis* (Tinsley) (Hymenoptera: Pseudococcidae) em cafeeiro com nematoides entomopatogénicos do género *Heterorhabditis* (Rhabditida, Heterorhabditidae) (en línea). *Revista Brasileira de Entomologia* 53:136-143. Consultado 28 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/39wDmcc>
- Andaló, V; Moino Jr, A; Santa-Cecilia, LVC; Souza, GC. 2004. Seleção de isolados de fungos e nematoides entomopatogénicos para a cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro *Dysmicoccus texensis* (Tinsley) (en línea). *Arquivos do Instituto Biológico* 71:181-187. Consultado 28 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2Q6MAGC>
- Andaló, V; Nguyen, KB; Moino Jr, A. 2006. *Heterorhabditis amazonensis* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Amazonas, Brazil (en línea). *Nematology* 8(6):853-867. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3gfy6yE>
- Arista, DA. 2017. Efectos de tres dosis de *Heterorhabditis* spp. en el control de *Dysmicoccus brevipes* en *Ananas comosus* var. Roja Trujillana en Poroto La Libertad (en línea). Tesis de grado. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. 51 p. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3x2RtBk>
- Bedding, RA; Akhurst, RJ. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil (en línea). *Nematologica* 21(1):109-110. Consultado 30 abr. 2020. Disponible en <https://doi.org/b6vnnv>
- Companioni, N; Rodríguez-Nodals, A; Sardiñas, J. 2016. Agricultura urbana, suburbana y familiar. In Funez Aguilar, F; Vázquez Moreno, L. (eds). *Avances de la agroecología en Cuba. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"*. Matanzas, Cuba. ISBN 978-959-7138-21-1. p. 233-246.
- De la Torre, PE; Rodríguez, MA. 2010. *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) nuevo hospedante de *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank)

- (Acari: Acaridae) (en línea). Boletín Sanidad Vegetal Plagas 36:209-211. Consultado 10 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2XPQOm0>
- Denno, RF; Gruner, DS; Kaplan, I. 2008. Potential for Entomopathogenic Nematodes in Biological Control: A Meta-Analytical Synthesis and Insights from Trophic Cascade Theory (en línea). Journal of Nematology 40(2):61-72. Consultado 24 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2XOEYZq>
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2017. Infostat (en línea, programa informático). Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Consultado 10 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3l4HBjN>
- Enrique, R; Sánchez, L; Rodríguez, MG; Gómez, L; Valle, Z. 2006. Dietas alternativas para la cría de *G. mellonella*. Influencia sobre el rendimiento - peso de larvas de *Galleria mellonella* y recobrado de juveniles infectivos. Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA). Número de depósito CENDA2874-2006. Ciudad de la Habana, Cuba, 20 p.
- Ferreira, KDS; Ferreira, TF; Moreira de Souza, R; Dolinski, C. 2015. Potential of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) for control of pink pineapple mealybug adult females, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), under laboratory conditions (en línea). Nematoda: e072015. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2XT2aWp>
- Frank, S; Baker, J. 2019. Mealybugs (en línea). NC State Extension Publications. Consultado 22 de marzo 2020. Disponible en <https://bit.ly/3mSQtuw>
- Fuenmayor, Y; Portillo, E; Bastidas, B; Guerra, M; San-Blas, E. 2020. Infection parameters of *Heterorhabditis amazonensis* (Nematoda: Heterorhabditidae) in different stages of Hibiscus pink mealybug (en línea). Journal of Nematology 52:1-7. Consultado 6 ene. 2021. Disponible en <https://doi.org/f6ws>
- Glazer, I; Lewis, EE. 2000. Bioassays for entomopathogenic nematodes. In Navon, A; Ascher, KRS (eds.) Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes. CAB International. p. 229-247.
- González, C. 2015. Acerca de la elección de la mariposa (*Hedychium coronarium*, Zingiberaceae) como Flor Nacional de Cuba (en línea). Revista del Jardín Botánico Nacional 36:191-193. Consultado 28 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/38Q3orR>
- Guide, BA; Soares, E; Itimura, C; Alves, V. 2016. Entomopathogenic nematodes in the control of cassava root mealybug *Dysmicoccus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae) (en línea). Revista Colombiana de Entomología 42(1):16-21. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3bKXMAZ>
- Gullan, PJ; Martin, JH. 2009. Sternorrhyncha (Jumping Plant-Lice, Whiteflies, Aphids, and Scale Insects). In Resh, VH; Carde, Ring T. (eds). Encyclopedia of Insects. 2 ed. Academic Press. Elsevier, Inc. Amsterdam. ISBN 978-0-12-374144-8 p. 957-967.
- Hartati, R; Suganda, AG; Fidriannya, I. 2014. Botanical, Phytochemical and Pharmacological Properties of *Hedychium* (Zingiberaceae) - A Review (en línea). Procedia Chemistry 13:150-163. Consultado 24 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2M10c3y>
- Hernández, I; Martínez, MA. 2012. *Dysmicoccus brevipes* Cokerell (Hemiptera: Pseudococcidae) nuevo informe para *Hedychium coronarium* Koenig, Flor de la Mariposa, en Cuba (en línea). Revista Protección Vegetal 27(1):54-55. Consultado 12 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2LC5q64>
- Infante, C. 2005. Manejo integrado del tetuán del boniato (en línea). Agricultura Orgánica 11(1):19-20. Consultado 14 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3wZUSkk>
- Ishibashi, N; Kondo, E. 1990. Behavior of infective juveniles. In Gaugler, R; Kaya, HK (eds). Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC Press. Boca Raton. p. 139-152.
- Koppenhofer, AM. 2000. Nematodes. In Lacey, LA; Kaya, HK. (eds). Field Manual of techniques in invertebrate pathology. Kluwer Academic Publishers, Netherland. p. 283-301
- Lewis, EE; Campbell, J; Griffin, C; Kaya, H; Peters, A. 2006. Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes (en línea). Biological Control

- 38:66–79. Consultado 10 mar. 2020. Disponible en <https://doi.org/bsn5qb>
- Mamiya, Y. 1988. *Steinernema kushidai* n. sp. (Nematoda: Steinernematida) associated with scarabaeid beetle larvae from Shizuoka, Japan. *Applied Entomology and Zoology* 23:313–320.
- Martínez, B; Hernández-Sabourin, I. 2013. Plant pathogenic fungi affecting white ginger lily (*Hedychium coronarium* K.) (en línea). *Revista Protección Vegetal* 28(1):77. Consultada 4 mar. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3uXFpiy>
- Martínez, E; Barrios Sanromá, G; Rovesti, L; Santos Palma, R. 2006. Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CENSA), Cuba. Editora Entre Pueblos, España. Grupo di Volontariato Civile (GVC), Italia. 485 p.
- Martínez, MA. 1996. Biología, ecología y manejo integrado de cochinillas harinosas del caféto (Homoptera: Pseudococcidae). Tesis Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez”. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, La Habana. Cuba. 96 p.
- Martínez, MA; Suris, M. 2000. Bases bioecológicas para el manejo de cochinillas harinosas en el cultivo del café en Cuba (en línea). *Revista Manejo Integrado de Plagas* 57:58–64. Consultado 28 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nXrbuw>
- Manjushree, G; Chellappan, M. 2019. Biology of pink pineapple mealybug *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (en línea). *Indian Journal of Entomology* 81(1):210–212. Consultado 22 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3mkysVM>
- Nguyen, K; James, R; McCoy, C; Adams, B; Stuart, R; Shapiro-Ilan, D. 2004. *Heterorhabditis mexicana* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Tamaulipas, Mexico, and morphological studies of the bursa of *Heterorhabditis* spp. (en línea). *Nematology* 6(2):231–244. Consultado 20 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3xqz95i>
- Panis, A. 1969. Observations faunistiques et biologiques sur quelques Pseudococcidae vivant dans le midi de la France (Homoptera: Coccoidea). *Annales of Zoology and Ecology Animal* 3:211–244.
- Phan, KL; Subbotin, SA; Nguyen, NC; Moens, M. 2003. *Heterorhabditis baujardi* sp. n. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Vietnam and morphometric data for *H. indica* populations (en línea). *Nematology* 5:367–382. Consultado 5 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nk7Vsk>
- Poinar, GO; Karunakar, GK; David, H. 1992. *Heterorhabditis indicus* n. sp. (Rhabditida: nematoda) from India: separation of *Heterorhabditis* spp. by infective juveniles (en línea). *Fundamental and Applied Nematology* 15:467–472. Consultado 20 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3aDTYQE>
- Rodríguez, Y; Martínez, MA; Sánchez, L; Rodríguez H, MG. 1998. Comprobación en campo de la efectividad de *Heterorhabditis bacteriophora* cepa HC1 en el control de chinches harinosas (Homoptera: Pseudococcidae) del caféto. *Revista Protección Vegetal* 13(3):195–198.
- Rodríguez, MG; Hernández, M; Borrero, Y; Gómez, LR; Enrique, R. 2011. Recycle of entomopathogenic nematodes in soils grower coffee crop (*Coffea* spp.) in Buey Arriba (en línea). *Revista Protección Vegetal* 26(1):67. Consultado 28 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2QhuxgQ>
- Rodríguez, MG. 2015. Entomopathogenic nematodes in Cuba: from laboratories to popular biological control agents for pest management in a developing country. In Campos-Herrera, R. (ed.). *Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests – Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection*. Springer. p. 343–364.
- San-Blas, E; Campos-Herrera, R; Dolinski, C; Monteiro, C; Andaló, V; Garrigós Leite, L; Rodríguez, MG; Morales-Montero, P; Sáenz-Aponte, A; Cedano, C; López-Nuñez, JV; Del Valle, E; Doucet, M; Lax, P; Navarro, PD; Báez, F; Llumiquinga, P; Ruiz-Vega, J; Guerra-Moreno, A; S Stock, SP. 2019. Entomopathogenic nematology in Latin America: A brief history, current research and future prospects (en línea). *Journal of Invertebrate Pathology* 165:22–45. Consultado 22 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3n73BfV>

- Sánchez, L. 2002. *Heterorhabditis bacteriophora* HC1. Estrategia de desarrollo como agente de control biológico de plagas insectiles. Tesis Doctorado. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 100 p.
- Sánchez, L; Rodríguez, MG; Gómez, L; Soler, DM; Hernández, MA; Castellanos, L; Martín, D; Enrique, R. 2001. Desarrollo de una Metodología para la reproducción artificial de nematodos entomopatógenos para el control de plagas en cafeto. PNCT: Desarrollo Sostenible de la Montaña CODIGO: 0703023. Informe final proyecto-CENSA-2001. Deposito Centro de Derechos de Autor de Cuba N°09613/ 2002. 123 p.
- Stuart, JR; Polavarapu, S; Lewis, EE. 1997. Differential susceptibility of *Dysmicoccus vaccinii* (Homoptera: Pseudococcidae) to entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) (en línea). Journal of Economic Entomology 90: 925-932. Consultado 22 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2QLvOfW>
- Susurluk, A; Ehlers, RU. 2007. Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops (en línea). BioControl 53:627-641. Consultado 28 mar. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3syZfzm>
- Tailor, CS; Goyal. A. 2015. Comprehensive review on *Hedychium coronarium* J. Koenig. (Dolanchampa / Kapurcachri) (en línea). International Journal of Research Ayurveda Pharmacy 6 (1): 98-100. Consultado 24 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nPTH0Z>
- White, GF. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures (en línea). Science 66:302-303. Consultado 12 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nT0jvv>
- Wilson, M; Gaugler, R. 2004. Factors limiting short-term persistence of entomopathogenic Nematodes (en línea). Journal of Applied Entomology 128(4):250-253. Consultado 24 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2XNKc7W>
- Wouts, WM; Mrazéck, Z; Gerdin, S; Bedding, RA. 1982. *Neoaplectana* Steiner, 1929 a junior synonym of *Steinernema* Travassos 1927 (Nematoda: Rhabditida). Systematic Parasitology 4(2):147-154. Consultado 12 abr. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3sQhMal>
- Zart, M; de Macedo, MF; Rando, JSC; Doneze, GS; Pereira Brito, C; de Souza Poletto, R; Alves, VS. 2021. Performance of entomopathogenic nematodes on the mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) and the compatibility of control agents with nematodes (en línea). Journal of Nematology 53:1-10. Consultado 28 feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/f6wr>

Efecto de diferentes bioabonos en el crecimiento de plantas de tomate de riñón var. Alambra (*Solanum lycopersicum* Mill.)

Elizabeth Ramírez-Iglesias*^{}, Romel Michael Riofrío-Vega^{}, Carlos Augusto Gonzáles-Quirola^{}, Paola Gabriela Ortiz-Saquinaula^{}.

Universidad Estatal Amazónica (UEA), Sede El Pangui, Zamora Chinchipe. Ecuador. *Correo electrónico: ec.ramirez@itme.org

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es utilizado ampliamente en el área gastronómica; sin embargo, cuando su cultivo se realiza bajo uso irracional de fertilizantes inorgánicos y pesticidas, causa daños a humanos y al ambiente. Es vital el desarrollo de alternativas agroecológicas, como el uso de bioabonos. La presente investigación se realizó en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Centinela del Cóndor, parroquia Panguintza, República del Ecuador, con el objetivo de evaluar la efectividad de diferentes bioabonos en el desarrollo del tomate de riñón, var. Alambra en condiciones de campo. Se aplicaron los siguientes tratamientos de fertilización: Ec= ecuabonaza; Te= té de frutas; Bo= bocashi y Co= control sin ningún tipo de fertilizante. Se realizó el monitoreo del desarrollo del cultivo, tomando en cuenta las siguientes variables morfológicas: altura de la planta, medida desde la base del suelo hasta la yema terminal; número de hojas verdaderas; altura de inserción de la primera hoja; diámetro del tallo y tamaño de la hoja. El estudio estadístico de las variables cuantificadas, se realizó por análisis de varianza (ANOVA) y sus valores promedios comparados por Duncan al 5 % de probabilidad, usando el programa Infostat. Los resultados indican que en el tratamiento ecuabonaza, se obtuvieron los mayores valores en todas las variables evaluadas en el desarrollo del cultivo, seguido de bocashi. El té de frutas fue el menor, presentando valores inferiores al tratamiento control.

Palabras clave: abonos orgánicos, agroecología, fertilización.

Effect of different bio-fertilizers on the growth of kidney tomato plants var. Alambra (*Solanum lycopersicum* Mill.)

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) is widely used in the gastronomic area; however, when its cultivation is carried out under the irrational use of inorganic fertilizers and pesticides, it causes damage to humans and the environment. It is vital to develop agroecological alternatives, such as the use of bio-fertilizers. This research was carried out in the province of Zamora Chinchipe, Centinela del Cóndor canton, Panguintza parish, Republic of Ecuador. To evaluate the effectiveness of different bio-fertilizers in the development of kidney tomato, var. Alambra under field conditions. There were applied the following fertilization treatments: Ec = ecuabonaza; Tea = fruit tea; Bo = bocashi and Co = control without any type of fertilizer. Crop development monitoring was carried out, taking into account the following morphological variables: plant height, measured from the base of the soil to the terminal bud; the number of true leaves; insertion height of the first sheet; stem diameter and leaf size. The statistical study of the quantified variables was carried out by analysis of variance (ANOVA) and their average values compared by Duncan at 5 % probability, using the Infostat program. The results indicate that the highest values were obtained in the ecuabonaza treatment, in all the variables evaluated in the development of the crop, followed by bocashi. The fruit tea was the lowest, presenting values lower than the control treatment.

Keywords: agroecology, fertilization, organic fertilizers.

Recibido: 19/10/2020 - Aprobado: 01/09/2021

INTRODUCCIÓN

El tomate riñón, es una hortaliza de enorme valor comercial y de gran importancia dentro del sistema alimenticio del mundo (Villacís-Chiriboga *et al.* 2021). Es ampliamente utilizado en gastronomía por su color, aroma y sabor, ocupa un lugar privilegiado en la dieta diaria (Vásquez *et al.* 2020). En América Latina, es preferido para su consumo, al aportar gran cantidad de nutrimentos; además, de contar con compuestos antioxidantes, vitaminas y minerales (Gómez *et al.* 2000; FAO 2013; Navarro-González y Periago 2016; Allende 2017; Ochar *et al.* 2019).

El crecimiento de los cultivos está estrechamente vinculado a una adecuada nutrición mineral. De allí, que el conocimiento de la extracción que realiza la planta de los elementos en el suelo, se convierte en información indispensable para la planificación de la fertilización del cultivo (Torres 2017); por otro lado, la actividad productiva de los suelos siempre ha representado una preocupación en términos de calidad, siendo uno de los principales motivos para ampliar la frontera agrícola y el empleo de fertilizantes químicos, a fin de mejorar el rendimiento por hectárea de los cultivos bajo sistemas convencionales (Restrepo *et al.* 2014).

El uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura con el fin de satisfacer la demanda mundial de productos agrícolas, constituye un problema global que afecta el ambiente, de manera directa e indirecta, por lo cual, se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas de fertilización y bioestimulación de origen orgánico. Torrellas *et al.* (2011) señalan que el uso de fertilizantes en el cultivo de tomate, provocó importantes impactos ambientales como resultado de sus procesos de fabricación, así como también, de las emisiones debidas a su uso.

En la agricultura, la fertilización convencional tiene como meta proveer una nutrición directa a las plantas con minerales fácilmente solubles, mientras que en la orgánica o biofertilización, las plantas son nutridas indirectamente, fomentando los organismos del suelo con materia orgánica (Sierra 2009). Para satisfacer las necesidades nutricionales de los suelos, han surgido los abonos orgánicos que, por la forma de obtención y su composición química, resultan ser materiales ideales para mantener las

propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos (Yugsi 2011, Villacís-Chiriboga *et al.* 2021).

La elaboración de abonos orgánicos en la Amazonía Sur del Ecuador, es una actividad cotidiana en las diferentes unidades familiares de producción, es por ello, que el empleo y monitoreo de la influencia de los diferentes abonos orgánicos sobre el desarrollo vegetativo de diferentes cultivos, surge como una necesidad para caracterizar los sustratos propios de la zona así, como la influencia dadas las características edafoclimáticas particulares de la zona.

Por tal motivo, resulta de vital importancia el desarrollo de alternativas agroecológicas, en este caso, el uso de bioabonos, que puedan sustituir o disminuir el uso de productos químicos para el aumento de los rendimientos de este y otros cultivos. Actualmente, se busca optimizar el manejo de los agroecosistemas, considerando los beneficios no solo a corto plazo, sino extendidos en el tiempo, a fin de asumir sistemas más sostenibles de producción, donde se considere la biodiversidad del suelo como eje fundamental para mejorar la salud de este como sistema vivo (Ramírez-Iglesias *et al.* 2020).

La transformación de un sistema convencional a un sistema agroecológico surge por la necesidad de hacer más sostenible el agroecosistema, al reducir el uso de insumos químicos, potenciando la mejora de la estructura del suelo, incremento de la cantidad de materia orgánica, intensificación de los procesos de recambio y ciclaje de nutrimentos, así como el control de malezas, insectos y patógenos por un control natural (Bacon *et al.* 2007). Es importante tener en cuenta que un agroecosistema requiere de tiempo para esa transformación, ya que en él se ven envueltos procesos de cambios paulatinos (Hopkins *et al.* 2003); este tipo de estrategias, se ha aplicado a cultivos de diferente naturaleza, basándose en distintas adaptaciones en función de las necesidades y susceptibilidades de cada agroecosistema (Ochar *et al.* 2019).

Actualmente, se produce gran cantidad de residuos agrícolas, provenientes de las cosechas, la mayor parte de la producción es consumida por las personas y los animales y el resto permanecen como residuos, desechados al ambiente (Gliessman *et al.* 2017); de esta manera, el aprovechamiento de estos residuos para la elaboración de abonos orgánicos, permite reducirlos y en conjunto con los estiércoles

de animales pueden usarse como materia prima para la elaboración de los biofertilizantes (Ramírez-Iglesias *et al.* 2017). Sus contenidos, tanto en macro como los micronutrientes, son indispensables para el cultivo de todas las especies vegetales incluyendo el tomate, lo que permite la producción de biomasa en raíces, tallo, hojas y fruto (Allende 2017).

Es pertinente resaltar la eliminación de riesgos a la salud de los trabajadores agrícolas y consumidores, al disminuir el uso de agroquímicos en los alimentos consumidos y reducir la contaminación ambiental, aunado al incremento de la producción, de la calidad, entre otros factores. Es conveniente comparar en el contexto de mercado y de políticas gubernamentales, los medios y costos de producción entre la agricultura orgánica y convencional e incluyendo en esta última, los costos del deterioro ambiental y social (Restrepo *et al.* 2014, Feriz-García *et al.* 2018).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la efectividad de diferentes fertilizantes orgánicos en el desarrollo del tomate de riñón (*S. lycopersicum* Mill.) var. Alambra, bajo condiciones de casa sombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La parcela experimental donde se desarrolló la investigación se encuentra localizada en la provincia de Zamora Chinchipe en el cantón Centinela del Cóndor, con coordenadas geográficas: 3° 90' LS y 78° 82' LO y altitud de 863 m en la parroquia Panguintza, Republica del Ecuador. El promedio de temperatura anual oscila entre los 22 y 28 °C, con precipitaciones medias anuales de 2.000 a 3.000 mm. La mayoría de los suelos son Inceptisoles y Entisoles en menor proporción, con textura desde arenosa hasta arcillosa y pH desde ligeramente ácido a ácido. Como actividad económica se destaca el cultivo de plátano, yuca, cacao, maíz, café, cítricos y la ganadería (GAD 2019).

Germinación de las semillas

La germinación se realizó en bandejas de 50 plantas de capacidad a cielo abierto, con riego cada tres días, utilizando semillas comerciales, tratadas con fungicida. Se empleó como sustrato turba PRO-MIX "PGX", compuesta de *Sphagnum canadiense* (65 - 75 %/vol.),

vermiculita, macro y micronutrientes, cal dolomítica y calcítica; además, agente humectante. A los 16 días, luego de la germinación de las semillas, se realizó el trasplante, cuando las plántulas contaban con un promedio de altura de 8 cm y 2 hojas verdaderas recién extendidas.

Manejo agronómico

Previo al trasplante, se realizó el acondicionamiento de las parcelas, aplicando 27 kg de arena (arena lavada de río) por m², a fin de mejorar la textura del suelo (franco arcilloso) debido a su gran compactación. Posteriormente, se aumentó el pH del suelo de 5 a 6, mediante un proceso de encalado, aplicando 60 g de cal por m².

La primera poda de los brotes del cultivo se realizó a los 18 días después del trasplante (ddt) y se continuó con la poda a medida que aparecían nuevos brotes, con la finalidad de trabajar con dos guías. A los 21 ddt se realizó el tutorado de la planta, con la ayuda de una cinta plástica sujeta desde la base, alrededor del tallo, para guiar su crecimiento, sin comprometer el desarrollo de hojas y flores. Se realizó evaluación visual de las plántulas cada 48 h, para detección de posible ataque de plagas y patógenos.

Evaluación del desarrollo morfológico de la planta

Generalmente, el crecimiento se determina mediante medidas directas e indirectas entre otras variables (Barrasa *et al.* 2004). Por parcela, se realizó el monitoreo del desarrollo del cultivo, considerando las siguientes variables morfológicas: altura de la planta, medida desde la base del suelo hasta la yema terminal con un flexómetro; número de hojas verdaderas; altura de inserción de la primera hoja; diámetro del tallo (con vernier manual marca Mitutoyo) y tamaño de la hoja. La cuantificación de cada variable se realizó a los 8, 16, 24 y 32 ddt, momento en que ocurrió la primera floración.

Diseño del experimento

Se establecieron bloques de cuatro parcelas de 70 cm x 12 m, donde cada tratamiento de fertilización presentó una distancia entre hileras de 30 cm; en ellas se aplicaron diferentes tipos de bioabonos, los cuales fueron denominados de la siguiente manera: ecua-bonaza (Ec), té de frutas (Te), bocashi (Bo) (Cuadro

1), y el control (Co) sin fertilización. Por tratamiento, en cada una de las unidades experimentales, las 24 plantas fueron sembradas a una distancia de 50 cm.

Se realizaron cunetas de aproximadamente 5 cm de profundidad, con el objeto de generar mayor aislamiento y minimizar la posible interacción entre tratamientos de fertilización.

La razón de la distancia limitada entre los tratamientos, se debe a que la experiencia se realizó en la parcela de un productor, cuya disponibilidad de terreno era reducida.

Se realizaron reabonos para cada tratamiento a los 8 y 15 días después del trasplante de la planta (ddt). Esta metodología representa la transición de un agroecosistema convencional a uno agroecológico.

Análisis estadísticos

El experimento se colocó en el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y la unidad experimental constituida de 24 plantas, considerándose útiles las ocho centrales. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), usando el programa Infostat (Di Rienzo *et al.* 2020). Como prueba para la comparación de las dinámicas

en el desarrollo del cultivo bajo los diferentes tipos de fertilización, se empleó la prueba de Duncan a 5 % de probabilidad (García-Villalpando *et al.* 2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

Este tipo de trabajos se presenta como unos de los primeros avances frente a caracterización y elaboración de abonos propios de la zona, donde se considera principalmente los residuos locales y su mejor influencia frente a los primeros estadios de desarrollo de los cultivos, como un elemento importante frente a procesos de conversión agroecológica.

A los 13 después del trasplante (ddt) se observó la presencia de *Ralstonia solanacearum* (marchitamiento bacteriano), debido a la incidencia del patógeno ser muy baja, no se realizó ningún control.

Altura de la planta

En la Figura 1A, se observa el efecto en el tiempo en días después del trasplante sobre la altura de la planta de tomate hasta su primera floración. Al momento de la siembra no hubo diferencia estadísticas entre las alturas de las plantas en los diferentes

Cuadro 1. Composición de los abonos orgánicos empleados.

Bioabono	Composición	Características	Utilización
Té de frutas	Frutas: guayaba (<i>Psidium guajaba</i>) (1 kg), papaya (<i>Carica papaya</i>) (1 kg), cambur maduro (<i>Musa</i> sp.) (1 kg), melón (<i>Cucumis melo</i>) (1 kg), membrillo (<i>Cydonia oblonga</i>) (1 kg). Todas las frutas bien maduras pero no podridas. Miel de panela (4 L) Con estos componentes se obtuvieron 10 L de té de frutas.	Rico en nutrimentos y aminoácidos	Su aplicación al suelo se realizó al 25 %. 250 mL de té de frutas en 750 mL de agua, aplicando 250 mL de la mezcla por cada planta.
Bocashi	Gallinaza (70 kg), cascarilla de café (20 kg), tierra de montaña fértil (40 kg), carbón quebrado o molido (15 kg), salvado de arroz (20 kg), humus o compost comercial (2 kg), miel de caña (1 L), levadura para pan (50 g en 50 L de agua). Con estos componentes se obtuvieron 200 kg de Bocaschi.	Nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.	Aplicación al suelo de 500 g del compuesto por cada planta.
Ecuabonaza	Abono orgánico comercial derivado de la pollinaza de las granjas de engorde. Ficha técnica presentación de 23 kg: materia orgánica 61,52 %; nitrógeno 2,73 %; fósforo 1,75 %; potasio 3,63 %; calcio 4,42 %; magnesio 1,06 %; hierro 0,02 %; manganeso 0,07 %; boro 0,02 %; zinc 0,028 %; cobre 0,05 %; azufre 0,24 %.	Materia orgánica, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, zinc, cobre y manganeso.	Aplicación al suelo de 500 g del compuesto por cada planta.

tratamiento; mientras que, a los 8 ddt, el tratamiento Co presentó el promedio mayor de altura, y difiere estadísticamente de los demás, en orden le siguen, Bo>Te, y por último Ec.

Después de la evaluación realizada a los ocho días, se observa claramente distinción en términos de altura de la planta, comenzando su diferenciación en el tratamiento con Ec, seguido de Bo y luego del tratamiento control. El desarrollo de este cultivo bajo las diferentes alternativas de fertilización orgánica presentó claras diferencias; sin embargo, al observar las plantas a las que se les aplicó el fertilizante del Té de frutas, hay un claro retardo en términos de crecimiento, en comparación con el resto de los tratamientos.

Los resultados obtenidos con el tratamiento Ec presentaron el mayor promedio a los 16 ddt y a los 24 ddt, observándose diferencias significativas con los otros tratamientos.

La estimulación del desarrollo de la altura con el uso de abonos orgánicos en la etapa del crecimiento vegetativo de la planta, se corresponde con la fase de rápido crecimiento, esto probablemente garantizarían mayor productividad tanto biológica como agromónica en las posteriores etapas del crecimiento de este cultivo. Al parecer los incrementos de este indicador pudieran estar relacionados con la composición de los abonos orgánicos. Los componentes de los abonos orgánicos son fundamentalmente sustancias húmicas, de las cuales se conocen sus efectos y participación en los distintos procesos fisiológicos-bioquímicos en las plantas, con intervención positiva en la respiración y velocidad de las reacciones enzimáticas del Ciclo de Krebs, lo cual propicia una mayor producción de ATP, así como también en efectos selectivos sobre la síntesis proteica y aumento de la actividad de diversas enzimas (Nardi *et al.* 2002).

Resultados similares para la altura de las plantas fueron obtenidos por Vázquez *et al.* (2015), cuando aplicaron compost y té de compost en el crecimiento del cultivo del tomate; y de forma similar por Arteaga *et al.* (2006), al trabajar con la variedad de tomate Amalia y diferentes diluciones de humus líquido extraído de vermicompost.

Alemán *et al.* (2016) en trabajo realizado con la variedad de tomate denominada Syta, y fertilización

a base de compost más aplicación foliar de Stimufol a los 15, 30, 45 y 60 ddt, constataron el mayor promedio de altura a los 16 ddt, y a los 24 ddt. Al respecto, es importante señalar, que Alemán *et al.* (2016) realizaron trasplante a los 31 días después de la germinación, las plántulas tenían una altura de 16 cm, mayor a lo realizado en este estudio.

Por otro lado, Boudet *et al.* (2017) evaluaron el efecto de diferentes dosis de abono orgánico bocashi en el comportamiento del crecimiento y producción del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) var. Vyta, concluyendo de su experiencia que los tratamientos con abono orgánico tipo bocashi, influyeron significativamente sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de tomate. En la presente experiencia, los resultados obtenidos al emplear bocashi, indican que fue la segunda mejor opción de los tratamientos empleados, lo cual es similar a los resultados obtenidos en esta experiencia.

Número de hojas

En la Figura 1B, se muestran los valores obtenidos con respecto a la determinación del número de hojas verdaderas. A los 8 ddt no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; sin embargo, a medida que fue avanzando el desarrollo vegetativo, se pueden observar diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) en el número de hojas a los 16 y 24 ddt, donde el tratamiento con mayor número de hojas fue Ec, seguido de Bo y Co, los cuales no mostraron diferencias entre sí, y de último Te, que obtuvo el menor valor promedio. En la última medición, la tendencia observada fue la siguiente Ec > Bo > Co > Te.

Al comparar los resultados obtenidos a las 16 ddt (8 hojas verdaderas) y a los 24 ddt (12 hojas verdaderas) en el tratamiento Ec (promedio mayor), se encontró mayor número de hojas verdaderas a diferencia de Alemán *et al.* (2016), que observaron entre 6 y 9 hojas verdaderas a los 16 y 24 ddt, respectivamente.

En el caso de las plantas de tomate, en las primeras etapas de crecimiento, los órganos que más materia seca acumulan en la planta son las hojas y el tallo, lo cual se encuentra directamente relacionado con el proceso de aprovechamiento de nutrimentos a partir del suelo (Torres 2017, Vásconez *et al.* 2021).

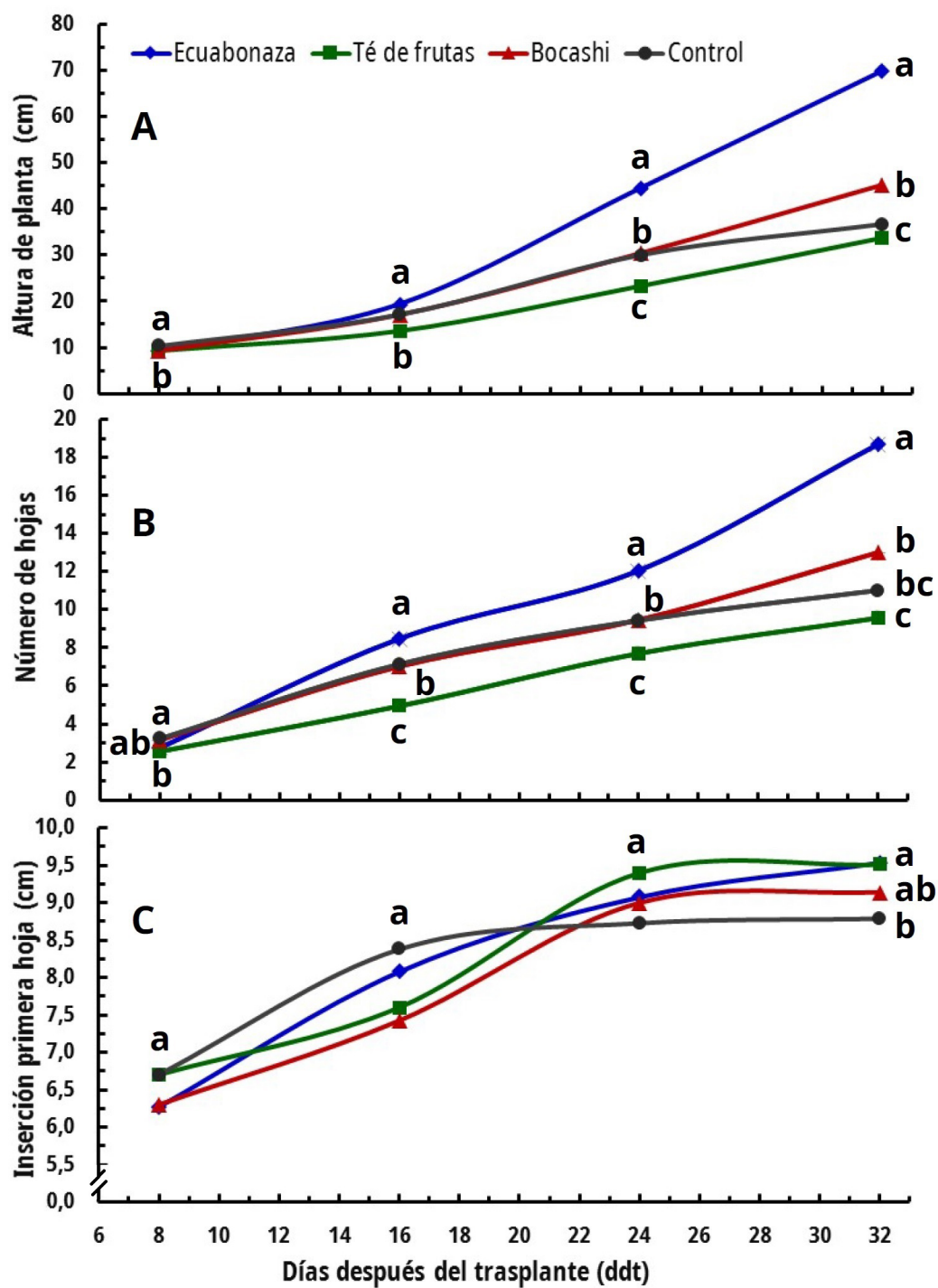


Figura 1. Efecto de bioabonos sobre la altura de la planta (A), número de hojas (B) y altura de inserción de la primera hoja en plantas de tomate riñón. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

Altura de inserción de la primera hoja

En la Figura 1C, se observan los resultados obtenidos para la altura de inserción de la primera hoja verdadera desde la base del tallo. Hasta los 24 ddt no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, en la última medición (32 ddt), fue posible observar ligeras diferencias estadísticamente significativas, donde entre los tratamientos Ec y Te no se observaron diferencias, pero si entre los tratamientos Bo y Co con valores promedio menores. Se destacó el tratamiento Ec como el de mayor valor promedio, desde su primera medición (8 ddt), hasta la primera floración (32 ddt).

En cuanto a esta variable, se observa que las diferencias entre tratamientos fueron mínimas, debido a que el desarrollo del tallo en altura, se da de una forma más acelerada a partir de la inserción de la primera hoja, por lo cual el incremento no fue tan marcado a lo largo de las mediciones, y hasta el final del estudio.

Diámetro del tallo

En la Figura 2A, se observan los resultados obtenidos para el diámetro del tallo, donde a los 8 ddt, los valores observados presentan la siguiente tendencia $Ec > Co > Bo > Te$. En el transcurso del crecimiento (16 ddt), no se observaron diferencias entre los tratamientos Ec y Co, aunque se observaron valores diferentes entre Bo y Te, resultando $Bo > Te$. A los 24 ddt, pudo observarse mayor desarrollo en Ec, pero no hubo diferencias entre Bo y Co, con valores mayores a Te.

El comportamiento estadístico observado podría ser debido a que en esta etapa temprana del cultivo, las diferencias entre valores de diámetro son pequeñas, ya que es el momento donde empieza la tasa de conversión de nutrimentos a biomasa para el crecimiento de la planta (Velasco-Alvarado *et al.* 2016); sin embargo, en la última medición, al producirse la floración (32 ddt), todos los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas, obteniendo el valor promedio mayor para Ec seguido de Bo, Co y por último Te, con un valor promedio mínimo en relación al resto de tratamientos.

Tamaño de la hoja

En la Figura 2A, se observan los resultados obtenidos para la variable tamaño de la hoja. Como criterio de evaluación se tomó en cuenta la primera

hoja verdadera a partir de la base del tallo, en estos casos la primera hoja tiene un desarrollo mínimo en relación al resto de hojas y en algunos casos suele caerse, por esa razón, se evaluó la segunda hoja en las siguientes mediciones.

A los 8 ddt, el tratamiento Ec presentó un promedio mayor de tamaño de la hoja, seguido de Bo y Co, que no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), presentando valores mayores a Te. En el transcurso del desarrollo del tamaño de la hoja durante la etapa de desarrollo vegetativo hasta la primera floración (32 ddt), que fue la última medición, se mantuvo la misma tendencia en cuanto a las diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Arriaga (2015) señala que los abonos orgánicos ayudan a asimilar mejor los nutrimentos, mediante la retención de humedad y mejorando la estructura del suelo, lo que facilita la actividad osmótica de las raíces para absorberlos; además, de mejorar los parámetros de crecimiento de las plantas, y aumentar su producción.

Floración

A los 32 ddt, se dio un porcentaje mayor al 50 % de floración en las plantas empleadas en la experiencia. En relación a los resultados obtenidos por Alemán *et al.* (2016), la floración ocurrió a los 45 ddt, sugiriendo mayor precocidad en los resultados obtenidos que en la presente investigación, lo que podría favorecer procesos de producción más acelerados, aun cuando las variedades empleadas en ambos estudios fueron diferentes.

Luna *et al.* (2015) avalan el efecto significativo de los abonos orgánicos en el crecimiento de las plantas. Igualmente, dichos autores encontraron incrementos en la floración e indicadores físicos del fruto, los cuales se expresan en mayor peso fresco, relacionados probablemente con la mayor acumulación de materia seca y agua. El beneficio encontrado podría deberse a una serie de procesos fisiológicos y bioquímicos interrelacionados entre sí y activados al ser aplicado los abonos orgánicos, donde las giberelinas, fitohormona que se encuentra en su composición, provocan alta estimulación en la floración y fructificación de las plantas.

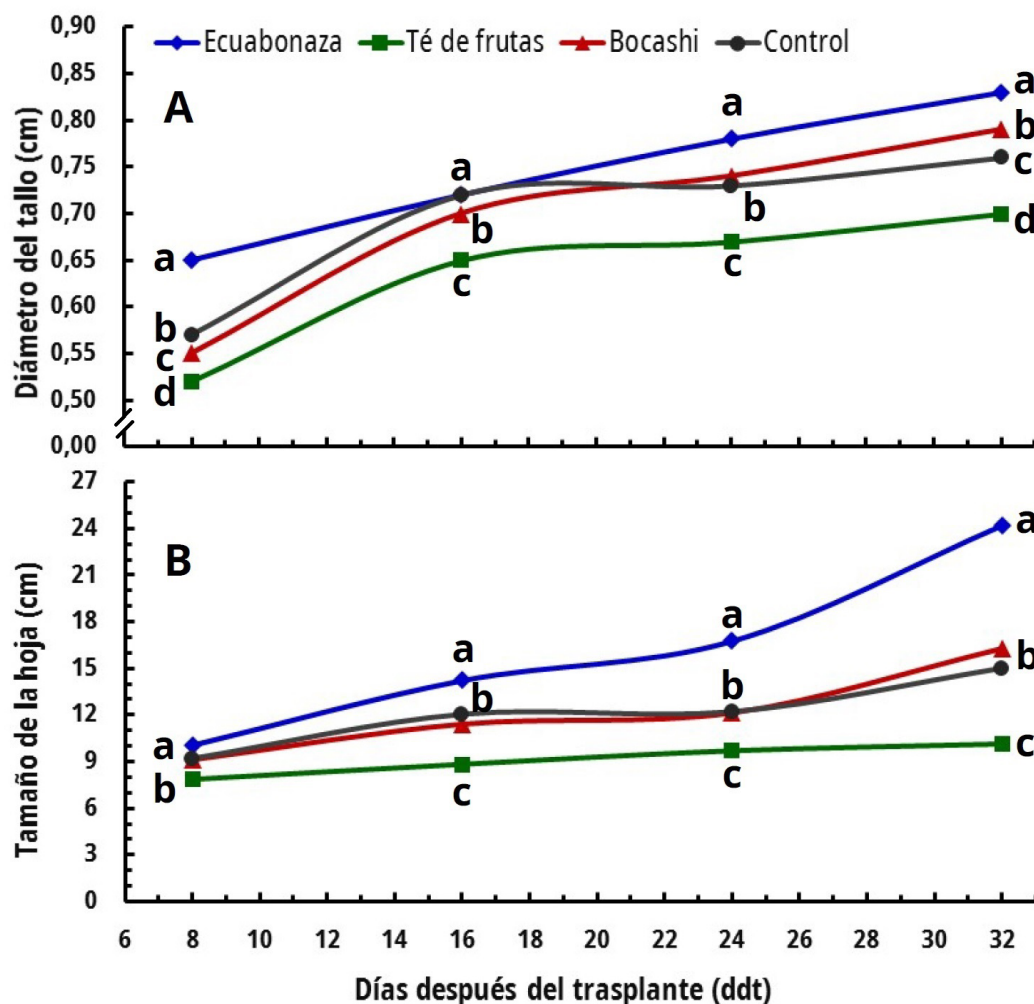


Figura 2. Efecto de bioabonos sobre el diámetro del tallo (A) y el tamaño de la hoja (B) de plantas de tomate riñón. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

Estos resultados pudieran estar relacionados con la actividad fitohormonal ya confirmada para las sustancias húmicas por una parte, y por la otra con la presencia de estas sustancias equivalentes tanto en los abonos orgánicos como en la fuente originaria, el vermicompost. Al respecto, Mayhew (2004) reportó la presencia de ácido indolacético (AIA), ácido giberélico (GA3) y citoquininas, en concentraciones parciales que establecen cambios en el equilibrio fitohormonal favorable a la producción de mayor número de flores, y por consiguiente, aumento en el número de frutos cuajados, fundamentalmente por la presencia en estos de las giberelinas, esta fitohormona es capaz de ejercer influencia en las fases fisiológicas de floración y fructificación.

Los valores de las variables evaluadas en el tratamiento Te estuvieron por debajo de todos los tratamientos evaluados, incluido el Co. Es importante destacar que no funcionó la aplicación al suelo de este fertilizante, debido a que provocó un retraso en el desarrollo vegetativo en relación a los demás tratamientos de fertilización. El mencionado tratamiento fue elaborado en base a una mezcla de frutas, las cuales poseen cualidades nutricionales únicas, son bajas en calorías, contienen vitaminas hidrosolubles como vitamina C, ácido fólico, vitaminas del complejo B, vitaminas liposolubles como beta carotenos, vitamina A, E y K, y minerales donde se destacan el potasio y el magnesio; además, de otros componentes, como fenoles que pueden intervenir en el crecimiento de las plantas (Castro Ríos 2010).

Vázquez *et al.* (2015) al evaluar el efecto de los abonos orgánicos composta y té de composta, no encontraron diferencias significativas en el rendimiento y tamaño de fruto, a emplear diferentes concentraciones para la producción de tomate variedad Hermosa saladet, lo que indicaría que estos abonos orgánicos no son los más beneficiosos para el cultivo de tomate. Resultados similares se obtuvieron al estudiar la influencia del bioabono denominado Té de frutas (Te) en la presente investigación, para evaluar el crecimiento vegetativo del cultivo, indicando que dicho tratamiento no fue el más adecuado en este caso, llegando a presentar valores por debajo del control.

Estos resultados pueden tener su explicación, en la presencia de inhibidores en ese tratamiento denominado Te, los cuales han sido señalados como sustancias del metabolismo vegetal que inhiben o retrasan el crecimiento de las plantas. En general, los inhibidores naturales son derivados de las lactonas o sustancias orgánicas aromáticas como fenoles (Azcon-Bieto y Talón 2000).

Al respecto, las estrigolactonas son un tipo de biomoléculas con estructura de lactonas terpenoides derivadas de carotenoides que tienen la capacidad de incrementar el desarrollo de raíces primarias y adventicias, pero que puede tener cierto tipo de funciones inhibitorias como la de reprimir la formación de raíces laterales (Hernández y Martínez 2006) cuando se aplican en cantidades mayores a 100 microgramos. Estas sustancias son primordiales en las respuestas adaptativas cuando se presenta deficiencia de fósforo y nitrógeno en el medio en el cual se desarrolla el organismo vegetal, por lo que suelen mejorar en gran medida el desarrollo de raíces (Saini *et al.* 2015). Igualmente, pueden promover la simbiosis con micorrizas arbusculares gracias a la inducción de la ramificación hifal mediante el ajuste a las estructuras de las yemaciones para mejorar el desarrollo del sistema radicular (Kawar *et al.* 2017).

De manera similar, estas sustancias también pueden tener el rol de controlar el transporte de otras fitohormonas que cumplen con el papel de inducir la formación de raíces, como ocurre con el caso de las auxinas. Del mismo modo, tienen la capacidad de inhibir la acción de las citoquininas, debido a que su acción en el medio de transporte fitohormonal permite el control del metabolismo en el desarrollo radicular.

Esto genera un tipo de antagonismo con las citoquininas al tener un efecto inhibitorio en la extensión de brotes axilares en las yemaciones como consecuencia del control que ejercen sobre las auxinas (Alcántara *et al.* 2019).

Entre las plantas empleadas para la elaboración del Té de frutas (Cuadro 1) están la guayaba, el membrillo y el cambur (Olaya y Restrepo 2012; Herrera-Hernández 2013; Zapata *et al.* 2014), que poseen fenoles en su composición, por lo cual los valores obtenidos por debajo del control pudieran estar relacionados con la explicación planteada en párrafos previos.

Según Allende (2017) la absorción de macro y micro nutrientes por la planta se ve evidenciada en el desarrollo vegetativo, que produce mayor cantidad de biomasa indispensable para la producción final, lo cual se evidencia en el comportamiento de variables como la altura de la planta y el número de hojas. Al relacionar los resultados obtenidos con lo planteado por este autor, se puede decir que fue el tratamiento de Ecuabonaza el que favoreció la mayor absorción de macro y micronutrientes, lo que se vio reflejado en valores mayores de las variables evaluadas.

Al respecto, Alemán *et al.* (2016) señalan que los indicadores morfológicos en plantas de tomate en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana tienen buen desarrollo general, al igual que los componentes del rendimiento, logrando una producción en el orden de los indicadores obtenidos en otras regiones.

La agricultura moderna ha incorporado el uso de productos orgánicos que incrementan el crecimiento y rendimiento de los cultivos, la calidad de las cosechas y que además tienen efectos fisiológicos que incluyen el alargamiento celular, la diferenciación vascular y el desarrollo de la producción (Luna *et al.* 2016).

El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrientes, debido a que ayudan al crecimiento de las plantas, y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Ramos y Terry 2014); adicionalmente, promueven el crecimiento de microorganismos beneficiosos, que ayudan a mejorar la fertilidad del suelo, disminuyen el uso de los fertilizantes químicos y reducen el impacto ambiental negativo (Onwu *et al.* 2018).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en las variables vegetativas estudiadas, se puede indicar que el tratamiento ecuabonaza resultó ser la mejor alternativa.

En orden de eficiencia, se ubicaron el tratamiento ecuabonaza, seguidos del bocashi, mientras que el té de frutas fue el menor, presentando valores inferiores al tratamiento control.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, L. 2020. Evaluación de enmiendas orgánicas en un suelo Hapludert típico, con cultivo de tomate protegido (*Lycopersicon esculentum* Mill). Universidad de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 35 p.
- Alcántara Cortes, S; Acero Godoy, J; Alcántara Cortés, JD; Sánchez Mora, RM. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. NOVA 17 (32): 109-129.
- Alemán Pérez, RD; Domínguez Brito, J; Rodríguez Guerra, Y; Soria, RS. 2016. Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. Centro Agrícola 43 (1): 71-76.
- Allende, M. 2017. Importancia y consideraciones del cultivo de tomate. Capítulo I. In Torres, A. (ed) Manual de cultivo del tomate al aire libre. Boletín INIA N° 11. INIA – INDAP. Instituto de Desarrollo Agropecuario- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago de Chile. 94 p.
- Arriaga, D. 2015. Evaluación de fertilización convencional y orgánica de un cultivo de tomate bola (*Solanum lycopersicum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Trabajo de Grado de Especialidad en Ingeniería de Invernaderos. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 81 p.
- Azcon-Bieto, J; Talón, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2ª Ed. Mc Graw Hill Interamericana, Madrid. 669 p.
- Bacon CW; Hinton DM; Glenn AE; Macias, F; Marin, D. 2007. Interaction of *Bacillus mojaveensis* and *Fusarium verticillioides* with a benzoxazolinone (BOA) and its transformation products, APO. Journal of Chemical Ecology 33(10): 1885–1897.
- Barraza, FV; Fischer, G; Cardona, C. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. Agronomía Colombiana 22(1): 81-90.
- Boudet Antomarchi, A; Boicet Fabré, T; Durán Ricardo, S; Meriño Hernández, Y. 2017. Efecto sobre el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de diferentes dosis de abono orgánico bocashi en condiciones agroecológicas. Revista Centro Agrícola 44 (4): 37-42.
- Castresana, J; Rosenbaum, J; Gagliano, E. 2019. Transición del manejo de plagas convencional hacia el agroecológico mediante la transferencia de técnicas de control integrado de plagas en tomate bajo cubierta en Concordia. Provincia de Entre Ríos – Argentina. IDESIA 37 (3): 17-27.
- Castro Ríos, K. 2010. Tecnología de alimentos. Bogotá: Ediciones de la U, 2010. 134 p.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2020. Infostat (en línea, programa informático). Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Consultado 7 oct. 2020. Disponible en: <https://bit.ly/3l4HBjN>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2013. El Cultivo de Tomate con buenas prácticas agrícolas en la Agricultura Urbana y Periurbana. Paraguay. Publicaciones FAO. 72 p.
- Feriz García, DA; Calvache Revelo, MM; Anaconda Idrobo, HD. 2018. Generación de abonos orgánicos a base de residuos de fincas truchícolas en el municipio de Silvia, Cauca, Colombia. Revista ConCiencia 8: 46-63.
- GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado, Ecuador). 2019. Parroquial de Panguintza. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial: Fase II. GAD Pangintza. 112 p.
- García-Villalpando, JA; Castillo-Morales, A; Ramírez-Guzmán, ME; Rendón-Sánchez, G; Larqué-Saavedra, M. 2001. Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias. Agrociencia 35:79-86.

- Gliessman, SR; Rosado-May, J; Guadarrama-Zugasti, C; Jedlicka, J; Cohn, A; Méndez, VE.; Cohen, R; Trujillo, L; Bacon, C; Jaffe, R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Ecosistemas. Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente.16 (1): 13-23.
- Gómez, OA; Casanova, H; Laterrol, GA. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. Manual técnico, Instituto de Investigaciones Hortícola "Liliana Dimitrova" (IIHLD), La Habana, Cuba. 159 p.
- Herrera-Hernández, MG; Núñez-Colín, CA; Guzmán-Maldonado, SH; Hernández-Martínez, MA. 2013. Contenido de algunos compuestos antioxidantes en tres estados de madurez y dos localidades en frutos de membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*). Revista Chapingo. Serie Horticultura 19(4): 45-57.
- Hernández, E; Martínez, I. 2016. Brasinoesteroides en la agricultura. I. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas 7(2):441-50.
- Hopkins, R; Andersen, M; Van Lidth de Jeude, M. 2003. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Memorias de Taller. Multiprint. Turrialba – Costa Rica. 115 p.
- Kanwar, MK; Bajguz, A; Zhou, J; Bhardwaj, R. 2017. Analysis of Brassinosteroids in Plants. Journal of Plant Growth Regulation 36(4):1002-30.
- Luna, R; Espinosa, K; Luna, M; Luna, F; Celi, M; Espinoza, A; Rivero, M; Cabrera, D; Alvarado, A; González, J. 2016. Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L.). Biotecnia 18(2):33-36.
- Luna Murillo, RA; Reyes Pérez, JJ; López Bustamante, RJ; Reyes Bermeo, M; Murillo Campuzano, G; Samaniego Armijos, C; Espinoza Coronel, A; Ulloa Méndez, C; Travéz Travéz, R. 2015. Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Centro Agrícola 42 (4): 69-76.
- Navarro-González, I; Periago, MJ. 2016. El tomate, ¿Alimento saludable y/o funcional? Revista Española de Nutrición Humana y Dietética 20(4): 323-335.
- Nardi, S; Pizzeghello, C; Ferrarese, L; Trainotti, L; Casadoro, G. 2002. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. Soil Biology & Biochemistry 32 (3): 415-419.
- Ochar, K; Blay, ET; Kwadwo Asante, I; Nkansah, GO. 2019. Evaluation of Selected Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivars in Ghana for Superior Fruit Yield and Yield Component Traits. Journal of Horticulture. 6 (262): 1-8.
- Olaya Zea, JA; Restrepo Sánchez, LP. 2012. Estudio del contenido de fenoles y actividad antioxidante de guayaba en diferentes estados de madurez. Acta Biológica Colombiana 17(3): 611 – 624.
- Onwu, A; Osujieke, N; Gani, A; Ali, A. 2018. Influence of organic fertilizer (Nomau) on soil, leaf nutrient content, growth and yield of physic nut (*Jatropha curcas*) in Makurdi, North Central, Nigeria. Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition 3(2): 1-11.
- Ramírez-Iglesias, E; Cuenca, K; Quizhpe, W. 2020. Manejo integrado de agroecosistemas en América Latina: Una opción para maximizar la producción resguardando la biodiversidad. Tekhné 23(1): 1-11.
- Ramírez-Iglesias, E; Hernández-Hernández, RM; Castro, I; González, I. 2017. Manejo de recursos orgánicos locales, como estrategia agroecológica para la elaboración de abonos, en bosques nublados de la cordillera de la costa en Venezuela. Agro Sur 45(1):19-30.
- Ramos, D; Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales 35(4): 52-59.
- Restrepo, J; Gómez, J; Escobar, R. 2014. Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura. FIDAR, CIAT. Grafitextos Cali, Colombia. 20 p.
- Saini, S; Sharma, I; Pati, PK. 2015. Versatile roles of brassinosteroid in plants in the context of its homeostasis, signaling and crosstalks. Frontiers Plant Science 6:1-17.
- Sierra, A. 2009. Manual de abonos orgánicos y manejo de las plagas y enfermedades en la agricultura orgánica. CNAOH. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Tegucigalpa, Honduras. 65 p.

- Torrellas, MA; Antón, JI; Baeza, JC; López, J; Pérez Parra, J. 2011. Estudio del impacto ambiental del cultivo de tomate en un invernadero multi-túnel. Horticultura (en línea). Consultado 21 ene. 2021. Disponible: <https://bit.ly/2WqjRzx>
- Torres P, A. 2017. Manual de cultivo del tomate al aire libre. Boletín N° 11. INIA – INDAP. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 94 p.
- Vásconez, RDA; Moya, EMT; Jara, KAM; Chiluisa-Utreras, VP. 2020. Identificación molecular de cepas de *Bacillus* spp. y su uso como rizobacteria promotora del crecimiento en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Scientia Agropecuaria 11(4):575-581.
- Vázquez Vázquez, P; García López, M; Navarro Cortez, M; García Hernández, D. 2015. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero. Revista Mexicana de Agronegocios 36: 1351-1356.
- Velasco-Alvarado, MD; Castro-Brindis, R; Castillo-González, AM; Avitia-García, E; Sahagún-Castellanos, J; Lobato-Ortiz, R. 2016. Composición mineral, biomasa y rendimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertado. Interciencia 41(10): 703-708.
- Villacís Chiriboga, J; Vera, E; Van Camp, J; Ruales, J; Elst, K. 2021. Valorization of byproducts from tropical fruits: A review, Part 2: Applications, economic, and environmental aspects of biorefinery via supercritical fluid extraction. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 123 p.
- Yugsi, I. 2011. Elaboración y Uso de Abonos Orgánicos. Módulos de Capacitación para Capacitadores. Módulo V. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. Publicación Miscelánea N° 185. Quito - Ecuador. 40 p.
- Zapata, S; Piedrahita, AM; Benjamín, R. 2014. Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. Perspectivas en Nutrición Humana 16(1): 25-36.

Accionar comunitario en la gestión del desarrollo sustentable de territorios rurales en San Rafael de Catalina, Municipio Pedraza, estado Barinas

Alexis Briceño Godoy 

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Barinas. Venezuela. Correo electrónico: alexisbrigo@gmail.com

RESUMEN

El propósito de esta investigación es comprender el accionar comunitario en la gestión del desarrollo sustentable de territorios en San Rafael de Catalina, Municipio Pedraza del estado Barinas, durante el período 2010-2018. El paradigma es el fenomenológico interpretativo, el enfoque es cualitativo, empleando el método etnográfico. Como objeto de estudio refiere los procesos de acción y gestión comunitaria en la búsqueda de su desarrollo. Las técnicas utilizadas fueron la observación participante y la entrevista a profundidad a informantes clave. Como instrumentos de recolección de la información apliqué el guion de entrevista, notas de campo. La información fue procesada con el uso de la triangulación para la contrastación e interpretación de lo expresado por los cinco informantes, los referentes teóricos y mi dimensión personal, mediante la estructuración sistemática y el análisis a través del método de comparación constante. Los hallazgos emergidos indican que el desarrollo de los territorios se ha visto como una acción muy ligera en la toma de decisiones, pero a su vez es una alternativa para cubrir las necesidades propias de sus habitantes a través de la herramienta de planificación participativa, sin embargo, estos procesos de gestión e interacción comunitaria e institucional, genera una sinergia muy compleja, relacionada con factores y mecanismos multidimensionales que interfieren en esos procesos, originándose una experiencia y bagaje de conocimientos para futuros emprendimientos que contribuyan en alcanzar el desarrollo integral sustentable de los territorios en beneficio de un colectivo.

Palabras clave: comparación constante, enfoque cualitativo, etnografía, fenomenología, triangulación

Community action in the management of sustainable development of rural territories in San Rafael de Catalina, Pedraza municipality, Barinas state

ABSTRACT

This research aims to understand community action in the management of sustainable development of territories in San Rafael de Catalina, Pedraza municipality, Barinas state, during the period 2010-2018. The paradigm is the interpretive phenomenological one, the type of research is with a qualitative approach, using the ethnographic method. As an object of study, this refers to community action and management processes in this search for its development. The applied techniques were participant observation and in-depth interviews with key informants. I applied interview script, field notes as instruments of data collection. This information was processed using triangulation to contrast and interpret what was expressed by the five informants, the theoretical references, and in my experience, through systematic structuring and analysis through the constant comparison method. The emerging findings indicate that the development of the territories has seemed like a very light action in decision-making, but at the same time, it is an alternative to meet the needs of its inhabitants through the participatory planning tool. However, these community and institutional management and interaction processes generate such a complex synergy, related to multidimensional factors and mechanisms that interfere in these processes, resulting in an experience and a wealth of knowledge for future entrepreneurship that contribute to achieving the sustainable integral development of territories for the benefit of a group.

Keywords: constant comparison, qualitative approach, ethnography, phenomenology, triangulation.

Recibido: 01/10/2020 - Aprobado: 05/08/2021

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, los actores de la sociedad civil han realizado significativos esfuerzos en la búsqueda de nuevas estrategias para el desarrollo de territorios. No obstante, a pesar de las asignaciones financieras y las acciones emprendidas, los resultados han sido precarios y los avances son mínimos. Considerando estos aspectos, se requiere de enfoques actualizados de desarrollo territorial que respondan a las realidades de las comunidades hacia una transformación sustentable con la gestión y el accionar comunitario, superando la concepción de desarrollo convencional.

Todo indica, que los procesos de transformación son complejos, las poblaciones rurales construyen día a día el tejido social, en este sentido, la institucionalidad del territorio y acciones colectivas, se encuentran en permanente construcción y son susceptibles de ser orientados hacia fines específicos, entre ellos, hacia la sustentabilidad, directamente con el accionar y gestión de planes de desarrollo territorial en la búsqueda de satisfacer sus necesidades. Esta argumentación me llevó a tener una postura paradigmática de carácter fenomenológico, interpretativo, fundamentada en la etnografía.

De allí, para iniciar este proceso de enseñanza aprendizaje, se hace imperioso involucrarse con los actores locales, lo cual, significa transitar un viaje hacia lo desconocido. Implica intentar despojarme de una armadura convencional positivista para ponerme una más de accionar a lo humano, al ser, es decir, desaprender para aprender, conocerme para poder conocer y entender a los demás, a sabiendas que es una experiencia en este conocer científico cualitativo.

Por ello, durante el periodo 2010-2018, con la finalidad de establecer un plan de desarrollo territorial que atendiera las necesidades de los productores y de la comunidad, se abordó en lo territorial, a la comunidad San Rafael de Catalina, ubicada en la parroquia Ciudad Bolivia del municipio Pedraza, estado Barinas. En este orden de ideas, el presente trabajo de investigación tuvo como propósito: Comprender el accionar comunitario en la gestión del desarrollo integral sustentable de territorios en San Rafael de Catalina, municipio Pedraza del estado Barinas. Esta postura paradigmática muestra una

realidad en profundidad en el mundo social y científico sobre la percepción de desarrollo de territorios y los mecanismos de participación y de gestión del desarrollo de territorios rurales.

Fundamentación teórica

Las corrientes de pensamientos que sustentan este trabajo de investigación son las teorías de acción social, participación ciudadana, y acción comunicativa.

Teoría de acción social. Esta teoría establece que el sujeto o los sujetos que hacen una acción los impulsa una razón, una necesidad, bien sea de carácter emocional, cultural o racional, propio o colectivo en busca de soluciones hacia su crecimiento; y la razón social la determina la conducta humana, la cual le da sentido y se concreta en una acción. Weber (1974:43).

Teoría de participación ciudadana. Para este estudio, cobra importancia el aspecto social como factor fundamental en el desarrollo humano, según la teoría de participación ciudadana, ésta explica la participación social como una necesidad integral. “La matriz de necesidades es un sistema en el que todos sus elementos están relacionados con todos los demás. Cualquier aspecto en uno, tiene impacto en el resto” (Max-Neef 1986: 19).

Teoría de acción comunicativa. Todo proceso de desarrollo donde interviene el ser humano amerita un proceso de comunicación, este proceso requiere de señales y códigos para el mejor entendimiento. En concordancia, la teoría de la acción comunicativa se refiere a una situación ideal del habla y el escucha. Esta cualidad, del hablar donde opera la racionalidad del conocimiento y la práctica, donde el papel que regula ese hablar recae sobre la última, es denominada razón comunicativa (Habermas 1971:57).

Soportes conceptuales

Los soportes conceptuales determinan los referenciales de orientación para el estudio, de esta manera estos vinculan la conceptualización de los elementos que componen este trabajo de investigación relacionados con el desarrollo territorial sustentable, participación y empoderamiento comunitario, gestión y acción social, dimensiones del desarrollo de territorios.

Desarrollo territorial sustentable. Contextualizar el principio de sustentabilidad significa ponderar en primer lugar a lo humano, se valora los demás aspectos en función del ser humano. La sustentabilidad, asegura Sepúlveda (2012:25), procura la construcción de caminos para asegurar que cada cual tenga igual acceso a las oportunidades de desarrollo, tanto en el presente como en el futuro. Continúa el autor, que el nuevo enfoque de desarrollo y la nueva visión territorial, contribuyen en los procesos de avanzada hacia una visión agroecológica, tecnologías locales, saberes ancestrales y culturales, la conjunción de un nuevo territorio donde impere la integración de los elementos multifactoriales y multidisciplinarios afianzados por la investigación científica.

Participación y empoderamiento comunitario dentro del desarrollo rural sustentable. La participación desde el punto de vista semántico dice Xicará (2014:12) se refiere a “tener en común”, “compartir”. Para que la participación sea real debe haber el acceso a un espacio en el ámbito de la toma de decisiones; es decir, solo habrá participación activa si quienes participan, a través de su acción y criterio libremente expresado, puede influir sobre las líneas de conducción de los procesos.

Gestión y acción social. Nieves (2011:63), manifiesta que el reto es desarrollar la capacidad de gestión para responder a la complejidad que atraviesan los niveles de interrelación e interacción de los actores, sectores, poderes y voluntades que realcen la importancia de las dinámicas que viven las comunidades quienes son las que generan el desarrollo de todo tipo.

Dimensiones del desarrollo sustentable de territorios. Sepúlveda (2012:37), los territorios se definen como un producto social e histórico en un espacio geográfico, cohesionado por un tejido social específico, dotado de una base de recursos naturales, de unas instituciones y formas de organización propias, y de determinadas formas de producción, intercambio y distribución del ingreso. Entonces, la multidimensionalidad (Figura 1) da cuenta de los diversos componentes que conforman un sistema territorial, a saber: a) la dimensión económica, en la que destaca el elemento de competitividad; b) la dimensión social, en la que destaca el elemento de equidad; c) la dimensión ambiental, en la que

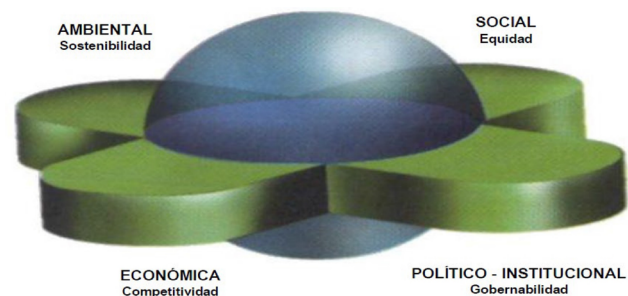


Figura 1. Dimensiones del desarrollo territorial (Tomado de Echeverry 2010)

destaca el concepto de administración y gestión de la base de recursos naturales; y d) la dimensión político institucional, en la que destaca el elemento de gobernabilidad democrática.

METODOLOGÍA

Naturaleza de la investigación. La investigación consistió en comprender la intención del acto social, esto es, la estructura de motivaciones que tienen los sujetos, la meta que persiguen, el propósito que orienta su accionar, los valores, sentimientos, creencias que lo dirigen hacia un fin determinado. Dentro de la referencia de la categoría teórico-metodológico utilizado por los investigadores para descifrar los fenómenos sociales la teoría de paradigmas ha sido fundamental, Vasilachis (2005:37), el autor considera centrar su investigación dentro del paradigma interpretativo. De allí, se reconoce la sapiencia del sujeto y a su vez la realidad social inmersa en el rol de la subjetividad. La naturaleza de esta investigación es el enfoque cualitativo, entonces, se hizo necesario describir y reconstruir esa realidad social, las visiones e interpretaciones de los sujetos sociales en el accionar y gestión comunitaria, compleja por demás. Todo ello determina que esta investigación se centra dentro de un paradigma fenomenológico interpretativo, razón que hace esta investigación fundamentalmente cualitativa.

Método de la investigación. La dimensión metodológica del presente trabajo de investigación es el etnográfico. Hurtado y Toro (2007:133) “es un estudio exhaustivo de los eventos que ocurren en la vida del grupo” con especial atención de las estructuras sociales, esta selección inicial obedeció

a la necesidad de revelar los valores, conceptos, incidentes, significados que constituyen el marco ontológico de los sujetos sociales involucrados en la acción institucional.

El contexto de la investigación. Este trabajo de investigación se realizó en el municipio Pedraza del estado Barinas, específicamente en la comunidad San Rafael de Catalina, ubicado en la parroquia Ciudad Bolivia, capital del municipio Pedraza. Está ubicado al Norte del municipio (Figura 2).

Sujetos de la Investigación. Debido a la naturaleza de la Investigación, los sujetos de esta investigación fueron conformados por los líderes y actores locales que conocen y han vivido la experiencia en la comunidad San Rafael de Catalina, actores directos e indirectos (líderes de las organizaciones (03), servidores públicos institucionales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), (02) y de Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA), (01) que participaron en el plan integral de desarrollo territorial con enfoque social (PIDETS).

Técnicas e instrumentos de recolección de información. Las técnicas utilizadas fueron la observación participante y la entrevista en profundidad, los instrumentos utilizados fueron las guías de observación, el guion de entrevista y las notas de campo.

Procesamiento de la información. Para la validación de la información obtenida y las fuentes consultadas se empleó la técnica de triangulación de información, el cual consistió en la corroboración e intersección de la información emitidas por los actores clave, los referentes utilizados y la apreciación personal del autor. Es por ello que la triangulación es un procedimiento para organizar diferentes tipos de información en un plano de referencia o relación más coherente, de manera que se puedan comparar y contrastar, (Leal 2015: p.67).

Tratamiento e interpretación de la información. La estructuración, tiene por finalidad describir las etapas y procesos que permitirán la emergencia de la posible estructura teórica, “implícita” en el material recopilado en las entrevistas, observaciones de campo, grabaciones, filmaciones, entre otras. El proceso completo implica la categorización, la contrastación y la teorización (Figura 3). Lo que significa, clasificar y revisar periódicamente las interpretaciones de los actores, relacionar y comparar los hallazgos con otros estudios referenciados y sintetizar mediante un proceso lógico y coherente los hallazgos de mi investigación. El nivel de veracidad de un método o técnica metodológica y de las investigaciones realizadas con ella, se juega por el grado de coherencia lógica interna de sus hallazgos. González y Villegas (2010:96).

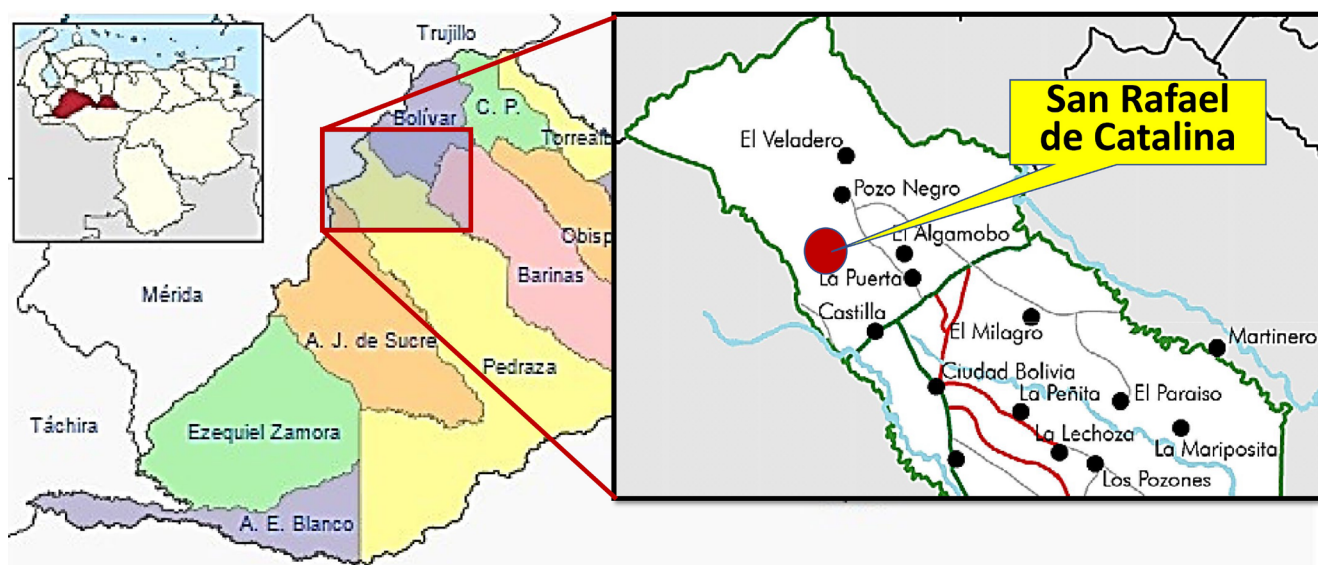


Figura 2. Ubicación relativa de San Rafael de Catalina, municipio Pedraza, estado Barinas, Venezuela.

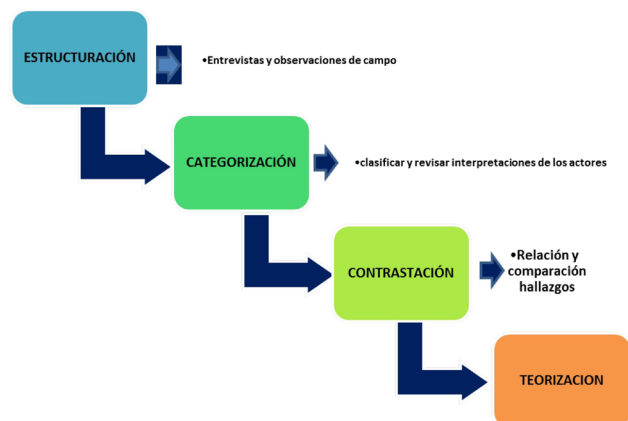


Figura 3. Proceso para la estructuración de la información: Categorización, Contraste y teorización

Microanálisis. Se aplicó el método de comparación constante desarrollado por Strauss y Corbin (2002). De esta manera, con la codificación abierta, establecí categorías y sus propiedades y luego las relacioné en su rango dimensional. Con la codificación axial, las categorías las construí de manera sistemática y las integré a las subcategorías. No obstante, solo cuando las categorías principales se integren finalmente, para formar la teoría que representé con los hallazgos de mi investigación. Por consiguiente el proceso metodológico lo puedo resumir en los siguientes momentos (Figura 4).

RESULTADOS Y HALLAZGOS

El proceso de categorización. Esta aproximación permitió categorizar 76 conceptos codificados preliminarmente, como se señala en la Figura 5.

La observación participante: En ella, se empleó la codificación abierta para la disgregación de estos conceptos de acuerdo a sus similitudes y diferencias de la información expuesta por los testimonios, sus propiedades y dimensiones. El relacionamiento entre las subcategorías y las categorías núcleos, mediante la codificación selectiva permitió que emergiera la categoría central al refinar e integrar la teoría: Accionar comunitario para la gestión del desarrollo integral del territorio, “La esperanza de un pueblo para su emancipación”, llevada a cabo como una aproximación en esta investigación. En la Figura 6, se muestra el elemento clave llevado a cabo por la metodología de comparación constante, al emerger la categoría central antes mencionada, se condensa en el trabajo de categorización mediante la técnica del microanálisis.

Seguidamente se presenta las interpretaciones de los conceptos después de la discusión de los testimonios y las categorías expresadas en las codificaciones, las cuales llevarán en este proceso a la aproximación de los hallazgos que darán respuesta a las inquietudes como investigador y quizás, fortalecerá el accionar

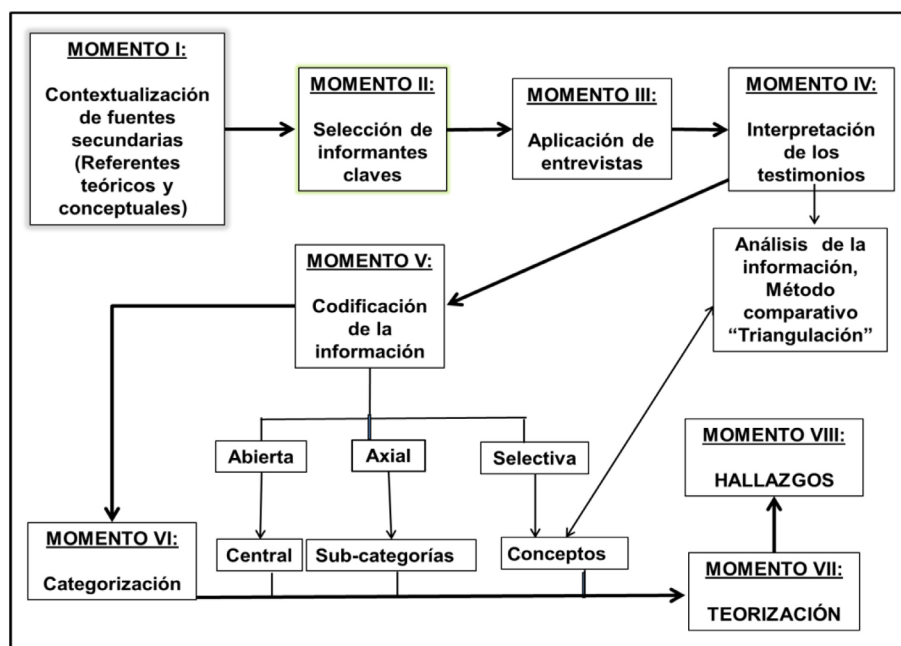


Figura 4. Proceso metodológico de la investigación

CONCEPTOS CATEGORIALES
Acción y gestión comunitaria; bienestar colectivo y calidad de vida; satisfacción de necesidades, claridad y transparencia en el accionar, procesos autogestionarios, guía y orientación en el accionar, reconocimiento del ser, gestión eficiente y liderazgo, planteamientos colectivos, decisiones propias, mística de trabajo y responsabilidad, fortalecimiento de debilidades, sesiones horizontales, generar confianza, asignación de tareas, enseñanza aprendizaje, rotación de funciones
Participación democrática, estrategias de inclusión, análisis holístico y prospectivo, resultados satisfactorios, difusión, avance y resultados del plan, conocimiento de la realidad, métodos de investigación participativa, planteamiento y jerarquización de necesidades, formación de líderes y transferencia de tecnología, caracterización territorial, sistema de seguimiento y evaluación, aporte de recursos, estrategias de abordaje, limitaciones financieras, plan por etapas
Valores: Motivación, deseos de cambio y superación, voluntad de trabajo, valores humanos, desarrollo personal, comunicación eficaz, compromiso y motivación, disposición, proactividad.
Relación sistema e involucramiento de actores, imposición técnica, falsas promesas, concretar acciones, continuidad en el accionar y acompañamiento, aportes de recursos, gestión política inclusiva, gobernanza institucional democrática y participativa, facilitar procesos.
Empoderamiento colectivo, fortalecer valores y capacidades, elementos multifactoriales y multidimensionales, organización eficiente, autogestionaria, autoridad única de gestión local, capacidades técnicas para la acción comunitaria, desarrollo para el cambio y transformación individual y colectiva, reconocimiento de lo local, costumbres y valores, sistemas socioeconómicos sustentables, acciones locales innovadoras, fortalecimiento de potencialidades, normas de convivencia, poder popular, actor local, producción endógena, servicios comunitarios, reimpulso de actividades propias.
Codificación abierta

Figura 5. Actores locales: conceptos o fenómenos preliminares.

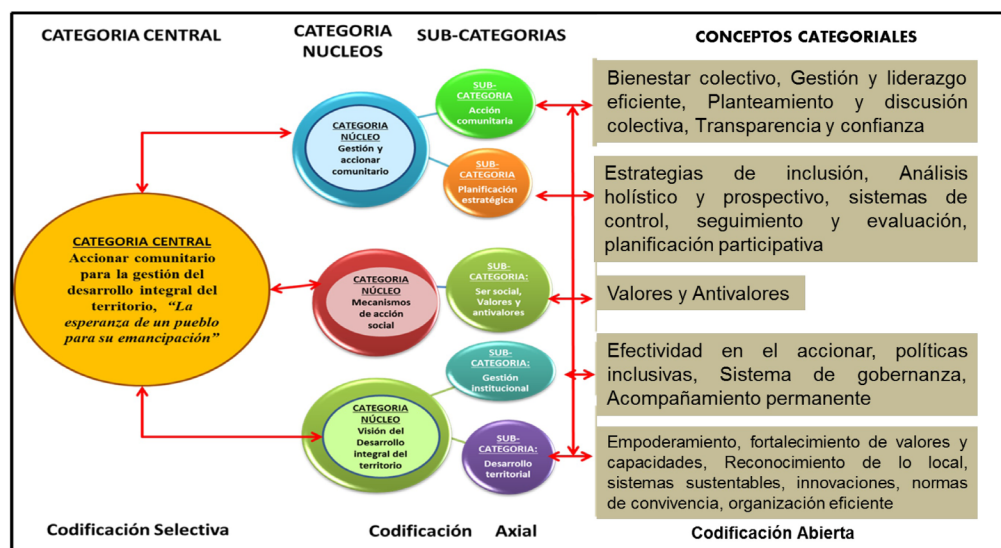


Figura 6. Resumen general del proceso de categorización, técnica de microanálisis (Codificación abierta, axial y selectiva)

comunitario y sus mecanismos de participación para la visualización del desarrollo integral sustentable de su territorio.

Categoría Núcleo: Gestión y Accionar Comunitario

Sub-Categoría: Acción comunitaria. En este sentido, sus relaciones expresan que el accionar comunitario está dado por el cumplimiento de tareas en la acción para un bien colectivo, para mejorar la calidad de vida con participación democrática, con acciones transparentes que lleven por el buen camino con procesos autogestionarios orientados por la experiencia y liderazgo que consideren planteamientos colectivos y se tomen decisiones propias y consensuadas que generen confianza.

Sub-categoría: Planificación estratégica. En este sentido, el territorio marca su desarrollo por el accionar social a través de un instrumento de orientación en la gestión como lo es el plan estratégico. Considerando estas manifestaciones se puede decir que el plan estratégico de desarrollo en un territorio es la guía de orientación en los pasos del proceder comunal dentro y fuera del territorio, se convierte entonces en una poderosísima herramienta de gestión que permite al final la autoevaluación de todos los procesos llevados para el beneficio del colectivo territorial, y que este debe ser elaborado considerando la idiosincrasia local y participación colectiva.

Categoría Núcleo: Mecanismos de Acción Social

Sub-categoría: Ser social (Valores y antivalores).

El sentir social conlleva a explorar nuevas dimensiones, con más ahínco, con más motivación, con responsabilidad, con compromiso, con convicción, sin egoísmo, sin individualidades, con la integración del mayor sentir comunitario y sobre todo, con la fortaleza de los valores humanos. De esta manera, la expresión de los antivalores presentes en toda sociedad marca un accionar negativo e influyente en los resultados propuestos, obstaculizan todos los procesos y perturban la gestión comunitaria. Estos aspectos negativos conllevan a revalorizar las interacciones sociales con acciones motivadoras e incluyentes, cambios en el pensamiento y en el actuar y sobre todo en la transformación integral del individuo, en un ser más consciente, en definitiva a desprenderse de todos esos elementos que

propendan a contribuir con el mejoramiento individual en primera instancia para lograr grandes transformaciones en el territorio.

Categoría Núcleo: Visión de Desarrollo Integral Territorial

Sub-categoría: Gestión institucional. En este sentido, se denomina a la gestión institucional como el conjunto de acciones emprendidas para lograr un objetivo y para esto la institución emprende una acción, orientada por un plan, que es la guía en un tiempo determinado. Expresan los conceptos testimoniales sobre una relación sistémica e inclusiva entre actores locales, con claridad y transparencia sin imposición técnica y falsas promesas, con acciones continuas de acompañamiento y consideración de lo propio comunitario, bajo la gestión de políticas inclusivas que permitan gestar un sistema de gobernanza democrático, participativo e inclusivo que guíe los procesos hacia el desarrollo integral del territorio.

Sub-Categoría: Desarrollo territorial. Lo defino como un proceso continuo y ordenado de transformaciones económicas, sociales, ambientales e institucionales cuya finalidad es mejorar las condiciones y calidad de vida de comunidades que ocupan y aprovechan un espacio rural determinado. Sin embargo, las manifestaciones y testimonios orientan un accionar hacia la transformación y cambios de los elementos del desarrollo con más empoderamiento colectivo, Por ello, recalco la importancia de la interrelación que existe entre las categorías, sub-categorías y conceptos categoriales encontrados e interpretados en esta interacción con los actores clave, de tal manera que, el accionar comunitario a través de sus procesos de gestión, accionar comunitario, mecanismos de acción comunitaria y la visión del desarrollo integral del territorio se señalan en las definiciones mostradas en el Cuadro 1.

El transitar por esta experiencia, permitió establecer que el accionar comunitario expresa el modo de vida que quiere su pueblo, la vida futura de su gente en el territorio, el mantenimiento y la sostenibilidad de los procesos, un desarrollo sustentable, que marque el sentir de la gente, debemos aprender a escucharlos, sus vivencias, creencias y manifestaciones destacan el proceder para la acción y la gestión colectiva,

Cuadro 1. Relación conceptual entre categorías, subcategorías y fenómenos

CATEGORIA CENTRAL		
Accionar comunitario en la gestión del desarrollo territorial		
Gestión y acción comunitaria: Procesos de desarrollo con participación colectiva	Mecanismos de acción comunitaria: Estrategias de participación para la toma de decisiones	Visión de desarrollo integral: Esquema arquitectónico del territorio con la sinergia multifactorial y multidimensional
SUB- CATEGORÍAS		
Acción comunitaria: Cumplimiento de tareas con resultados efectivos de acuerdo a la planificación	Ser social, valores y antivalores: Relación social individuo sociedad, empoderamiento, mística, ética y valores	Gestión institucional: Sinergia institucional con esquemas de inclusión comunitaria en gestión del desarrollo, bajo un sistema de gobernanza local
Planificación estratégica: Instrumento guía en el cumplimiento de actividades con su mecanismo de evaluación		Desarrollo de territorios: Fortalecimiento de capacidades para la evolución individual y colectiva para mejorar la calidad de vida y bienestar comunitario
FENOMENOS CATEGORIALES		
Acción y gestión comunitaria, bienestar colectivo, satisfacción, claridad y transparencia, gestión eficiente, planteamientos colectivo, consideración del ser, enseñanza aprendizaje	Valores: Motivación, deseos de superación, desarrollo personal, comunicación, disposición, valores humanos.	Involucramiento de actores, imposición técnica, falsas promesas, continuidad y concreción de acciones, política inclusiva, gestión gubernamental, facilitar procesos
Participación democrática, estrategias de inclusión, análisis holísticos y prospectivo, difusión de información, métodos participativos de investigación, priorización de acciones, estrategias de abordaje	Antivalores: Egoísmo, autodiscriminación, intolerancia, apatía, individualismo, dependencia.	Empoderamiento colectivo, fortalecer capacidades y valores, organización eficiente y autogestionaria, autoridad única de gestión local, capacidades técnicas para el desarrollo, reconocimiento de lo local, procesos sustentables, innovaciones

remarcan el empoderamiento como arma letal para el subdesarrollo, la participación activa, la organización eficiente de gestión local, las normas de convivencia propias del territorio ajustadas a sus políticas, la integración de actores con transparencia y justicia y no menos importante el realce de los valores humanos, todos estos elementos hacen pensar y repensar el accionar de aquí en adelante, no considerarlos, es seguir ejercitando para conseguir los mismos resultados desalentadores para las comunidades.

Esta reflexión implica que la representación de los diferentes actores exige la integración total con una visión holística de desarrollo que considere principalmente al ser humano y su relación con el entorno. Sumergido ese desarrollo en los procesos cotidianos

locales con un elemento de comunicación eficaz que permitan la verdadera participación del ser imbuido en su propia razón, en su cosmovisión, en su esperanza, en su emancipación, que nos lleva a la máxima expresión en el tema de discusión e interpretación sobre ¿cómo ha sido la gestión y el accionar comunitario hasta ahora?, ¿De qué manera lo han hecho?, ¿Qué mecanismos han usado?, ¿Cuál es su visión del desarrollo?, ¿Qué se debe hacer para conseguir el tan anhelado desarrollo?

Este accionar comunitario en su búsqueda a través de una gestión eficiente de la organización comunitaria, la integración de cada uno de los actores principales locales bajo esquemas de una planificación participativa y capacidades técnicas, consideradas holísticamente, propenderán hacia esa esperanza

colectiva de desarrollo integral con visión futurista del bienestar social con más empoderamiento y políticas públicas de desarrollo gestadas en el propio seno de la comunidad para mejorar su calidad de vida y constituirse en su medio como un modo de vida de esa localidad, hacen pensar y repensar que esa visión actual con actitudes individualistas, desmotivación y escepticismo, dependencia gubernamental, poder de liderazgo infructuoso y poca participación, perturben o entorpezcan el camino hacia su emancipación, tal como de manera resumida puedo señalarlo en la figura 7.

CONCLUSIONES Y APROXIMACIONES

En búsqueda de los hallazgos

El transitar por esta ruta de lo desconocido en el campo social me llevó a estas reflexiones finales. De esta manera pude dar repuestas a mis inquietudes plasmadas en las interrogantes y los objetivos de este trabajo de investigación:

1.- **¿Cuáles son los mecanismos de gestión y acción comunitaria para el desarrollo integral sustentable de territorios?** Para ello es necesario la adopción y la aplicación de la participación (articulación de capacidades locales y la promoción de la participación), establecer como principio la planificación estratégica,

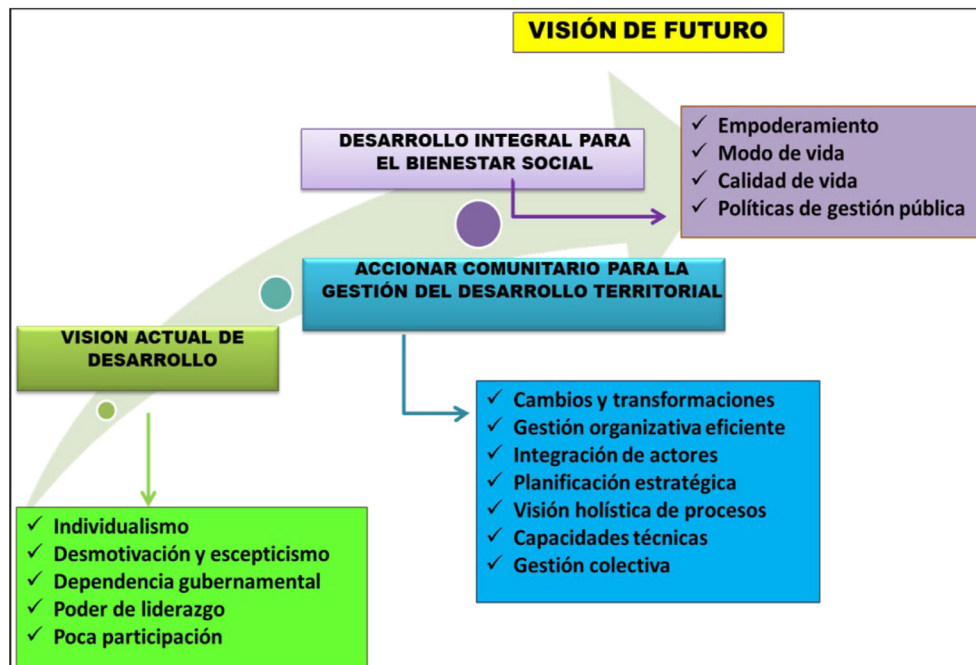


Figura 7. Hallazgos: Camino hacia la emancipación

(involucramiento de la mayoría, que refleje el sentir colectivo y relacione de manera holística los elementos y necesidades), considerar al ser social, (expresiones, manifestaciones y sentimientos) para integrar una buena comunicación entre los actores, pero a su vez lograr la interlocución con las autoridades locales y establecer las normas de convivencia.

2.- **¿Cuál es la concepción de desarrollo integral sustentable de territorios, desde la mirada de los actores locales?** Las posturas de desarrollo integral sustentable de territorios desde la mirada de los actores locales conllevan a establecer la visión de

desarrollo sustentable, hacia la integración armónica de los actores e implementar servicios comunitarios eficientes, con mayor participación y empoderamiento colectivo (motivación para emprender un accionar con compromiso y responsabilidad), que conlleven al rescate de la costumbres y culturas ancestrales, y el reimpulso de actividades propias del territorio y una comunidad transformada para el beneficio común.

3. **¿Cuál es la relación entre las dimensiones del desarrollo integral sustentable de territorios?** En este orden de ideas, La dimensión económica, en la

que destaca el elemento de competitividad, producciones locales propias y ancestrales, el ejercicio de una economía socioeconómica sustentable; La dimensión social, en la que vincula el elemento de equidad, justicia y empoderamiento para el accionar, servicios integrales para la producción, los servicios ambientales y la función económica de las externalidades del territorio rural. El ser social como eslabón principal y protagonista, es la expresión palpable de la diversidad social y cultural de un territorio; La dimensión ambiental, en la que relaciona el concepto de administración y gestión de la base de recursos naturales sin generar impactos nocivos a la localidad; y la dimensión político institucional, en la que destaca el elemento de gobernabilidad democrática a través de un sistema de gobernanza propio como autoridad única de gestión local, es decir, instrumentos de gestión y desarrollo acoplados a las normas de convivencia.

Considerando la máxima expresión de los actores locales, hacia la búsqueda de respuestas al objetivo central de esta investigación, que es comprender el accionar comunitario en la gestión del desarrollo sustentable de territorios en San Rafael de Catalina, municipio Pedraza del estado Barinas, bajo los esquemas planteados y visionario de su gente, ayudaran a la comunidad a repensar su accionar, al interactuar efectivamente con los actores institucionales, con mejores estrategias de participación y empoderamiento, logran entender que es un proceso gradual, hay que buscar ideas innovadoras. Ese proceso demanda mayor participación e integración de todos los actores, con el consentimiento de un accionar transparente e inclusivo. La acción no es de hoy para mañana, es para y por el futuro. La institucionalidad debe cambiar su accionar, la vivencia directa permite conocer la realidad, sus verdades, así pues, será la única vía para empujar hacia la emancipación del pueblo y la transformación de las comunidades rurales.

LITERATURA CITADA

- Echeverry, R. 2010. Nueva ruralidad: visión del territorio en América Latina y el Caribe. Ciudad del Saber, Panamá: CIDER/IICA p. 140.
- González, F; Villegas, M. 2010. Fundamentos epistemológicos en la construcción de una metodología investigación. Actos de pesquisa en Concacao - PPE/ME FURB 4(1):89-121.
- Habermas, J. 1971. Teoría de la Acción Comunicativa. Editorial Taurus. Madrid, España. p.137.
- Hurtado, I; Toro, J. 2007. Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambios. Editorial CEC, S.A. Caracas: Vol. I (6):54.
- Leal, N. 2015. La Triangulación en investigaciones sociales y educativas: Orientaciones generales. Venezuela. Vol. VII (14): 67.
- Max-Neef, M. 1986. Economía descalza. Señales desde el mundo invisible. Colección pensamiento descalzo. p.19.
- Menizábal, N. 2011. Los componentes el diseño flexible en la investigación cualitativa. Estrategias e investigación cualitativa, Vol. II, Caracas, Venezuela. p. 105
- Nieves, F. 2011. La gestión social (en línea). Consultado 12 ago. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3Cp8lzs>
- Sepúlveda, S. 2012. Gestión del Desarrollo Sostenible en Territorios Rurales: Metodología para la Planificación. San José de Costa Rica. IICA. p.147.
- Strauss, A; Corbin, J. 2002. Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Facultad de enfermería, Universidad de Antioquia. Colombia. p. 80.
- Vasilachis de Gialdino, I. 2005. "El aporte de la Epistemología del Sujeto Conocido al estudio cualitativo de las situaciones de pobreza, de la identidad y de las representaciones sociales", Forum: Qualitative Social Research 8(3). Disponible en: <https://bit.ly/2X1nGel>
- Weber, M. 1974. Economía y Sociedad. Fondo de Cultura Económica. México. p. 21.
- Xicará, M. 2014. Participación y empoderamiento en la planificación de desarrollo local "Estudio comparativo de las formas de participación ciudadana de las comunidades indígenas de Guatemala (2002-2012)". Tesis doctoral: Instituto de Gobierno y políticas públicas. Doctorado en políticas públicas y transformación social. Universidad Autónoma de Barcelona, España. p. 310

Aclimatación de tres especies de leguminosas mediante bioendurecimiento con microorganismos benéficos

Melvin Maiquetía¹ , Edith Vargas¹ , Eva de García¹ , Marcia Toro^{2*} 

¹Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Ciencias, Instituto de Biología Experimental, Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Caracas. Venezuela. ² Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Ciencias, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Laboratorio de Ecología de Agrosistemas, Caracas. Venezuela. *Correo electrónico: marcia.toro@ciens.ucv.ve; mtoro30@gmail.com

RESUMEN

Las semillas de *Calopogonium sp.*, *Stylosanthes capitata* y *Cassia moschata* presentan un estado de latencia prolongada que limita su germinación. Una alternativa de propagación es por cultivo *in vitro*, y para mejorar la adaptación al ambiente terrestre se utiliza el procedimiento de bioendurecimiento. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de inoculación con microorganismos benéficos en la aclimatación de esas tres especies de leguminosas. Se seleccionaron 16 plantas para cada tratamiento, de las tres especies obtenidas de germinación *in vitro*. Para su aclimatación se sembraron en un sustrato, en envases de 250 mL. Los tratamientos fueron: inoculación de hongos Glomeromycota (HMA), inoculación con hongos Glomeromycota y *Rhizobium phaseoli* (HMA + R), control sin microorganismos (SM). Se determinó la sobrevivencia en un periodo de cinco meses. *Calopogonium sp.* mostró un 16 % de sobrevivencia a los cinco meses y 85 nódulos.planta⁻¹ para el tratamiento HMA+R y 40 % de colonización micorrízica en el tratamiento HMA, lo que favoreció su aclimatación. *S. capitata* tuvo un 25 % de sobrevivencia con HMA y mostró menor cantidad de nódulos (5 nódulos.planta⁻¹) con HMA + R, e insuficiente cantidad de raíces para cuantificar la micorrización. *C. moschata* inoculada con HMA alcanzó 13 % de sobrevivencia, sin formación de nódulos. La inoculación con microorganismos fue diferencialmente beneficiosa en la aclimatación de estas leguminosas y su efecto se potenció con la doble inoculación HMA+ R. La aclimatación de plantas obtenidas *in vitro* es vital para su establecimiento definitivo y es diferente para cada especie.

Palabras clave: *Calopogonium sp.*, *Cassia moschata*, endurecimiento, micorrizas arbusculares, *Stylosanthes capitata*

Acclimatization of three legume species by biohardening with beneficial microorganisms

ABSTRACT

Calopogonium sp., *Stylosanthes capitata* and *Cassia moschata* are legumes whose seeds have high protein content and long dormancy. In vitro culture is used as an alternative of propagation. The procedure known as biohardening is used to improve plant adaptation to the terrestrial environment. The objective of the research was to evaluate the effect of inoculation with beneficial microorganisms in the acclimatization of these species of legumes. Sixteen plants from each of the three legume species obtained from in vitro germination were selected for each treatment. For their acclimatization, plants were sown on a substrate, in 250 mL containers. The inoculation treatments were: Glomeromycota fungi (AMF), inoculation with Glomeromycota and *Rhizobium phaseoli* fungi (AMF + R) and control without microorganisms (WM). After five months plant survival was determined. 16 % of *Calopogonium sp.* plants survived after five months, showed 85 nodules.plant⁻¹, for AMF + R treatment and 40 % mycorrhizal colonization in the AMF treatment, which favored its acclimatization. *S. capitata* showed 25 % of survival with AMF, showed fewer nodules (5 nodules.plant⁻¹) with AMF + R and had insufficient roots to quantify mycorrhizal colonization. *C. moschata* inoculated with AMF reached 13 % survival and did not form nodules. The inoculation with microorganisms was differentially beneficial in the acclimatization of these legumes and its effect was enhanced with the double inoculation HMA + R. The acclimatization of plants obtained in vitro is vital for their definitive establishment and is different for each species.

Key words: *Calopogonium sp.*, *Cassia moschata*, hardening, arbuscular mycorrhiza, *Stylosanthes capitata*

Recibido: 01/09/2020 - Aprobado: 05/08/2021

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas constituyen un grupo de plantas de interés alimenticio, con importancia en la agricultura y pascicultura en diferentes países, donde se incluye Venezuela (De Pablos *et al.* 2009). Proveen una fuente sustancial de proteínas para el ganado, al utilizarse en sistemas silvopastoriles. Entre estas, *Stylosanthes capitata* Vogel y *Calopogonium sp.* que son subfrutices nativos de las sabanas y consumidos por el ganado durante la época de sequía (Pérez *et al.* 2006). Otra de las leguminosas es *Cassia moschata* Benth. que se utiliza como barrera viva en las parcelas de manejo agroecológico y suministro de nitrógeno al suelo (Toral *et al.* 2006). Estas especies se encuentran en ecosistemas de suelos ácidos, por lo que pueden mostrar limitaciones en su crecimiento.

En Venezuela, alrededor del 70 % de los suelos son ácidos, de baja fertilidad natural y con limitaciones para uso agrícola (López-Falcón y Espinoza 2015). La baja capacidad productiva de los suelos por manejos inadecuados, se aborda con el uso de altos volúmenes de fertilizantes inorgánicos nitrogenados y fosforados. Estos fertilizantes pueden ser retenidos en el suelo, con consecuencias eventuales de contaminación de los suelos y aguas (Sánchez *et al.* 2011). Es necesario implementar prácticas que promuevan la sustentabilidad del suelo, como el uso de microorganismos benéficos, las micorrizas arbusculares (MA) y las bacterias promotoras de crecimiento (Marinho *et al.* 2010). Estos, como biofertilizantes, constituyen un medio económico por la reducción de la aplicación de fertilizantes y favorecen el rendimiento de los cultivos, de manera amigable al ambiente.

La mayoría de las semillas de las Leguminosae tienen como característica la impermeabilidad del tegumento, lo que les otorga la incapacidad de germinar de manera rápida (Anis *et al.* 2012). Esta característica, conocida como latencia, representa un mecanismo de supervivencia en climas desérticos o con alternancia de épocas secas y húmedas marcadas (Sanabria *et al.* 2004). Pueden tener, además, baja viabilidad y mediano porcentaje de germinación, lo que restringe su reproducción a gran escala (Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba 2015).

Debido a la latencia de las semillas de las Leguminosae surge la necesidad de incrementar su propagación y conservación como recurso fitogenético (Escandón

et al. 2003). Una alternativa de propagación es por medio de cultivo *in vitro*. Sin embargo, estas plantas presentan alteraciones morfológicas y fisiológicas que hacen de su aclimatación al exterior uno de los principales inconvenientes de la técnica. Con frecuencia, estas plantas poseen un escaso desarrollo de la cutícula foliar, hojas blandas y poco activas fotosintéticamente. La inactividad del aparato estomático, la pobre conexión vascular en el vástago y raíces poco funcionales, predisponen a estas plantas a una desecación inmediata al pasarlas a condiciones *ex vitro* (Pérez *et al.* 2006).

Para mejorar la adaptación al ambiente terrestre de las plantas producidas *in vitro*, varios autores han utilizado la inoculación con hongos Glomeromycota (Calderón *et al.* 2000) y bacterias promotoras de crecimiento (Singh *et al.* 2012, Muthuraj *et al.* 2018), procedimiento conocido como Bioendurecimiento o Biohardening (Singh *et al.* 2004). La inoculación de microorganismos benéficos genera efectos positivos, tanto en el incremento de la sobrevivencia de la planta, durante la fase de aclimatación, como en el desarrollo del sistema radical (Anis *et al.* 2012). Asimismo, las variables de crecimiento, densidad de raíces y colonización micorrízica mejoran en las plantas bioendurecidas (Fernández *et al.* 2002).

Las especies de la familia Fabaceae se destacan por su asociación simbiótica con las bacterias de la familia Rhizobiaceae o rizobios (Weir 2016). Estas bacterias tienen la capacidad de formar nódulos en las raíces, donde captan el nitrógeno de la atmósfera. Cerca de 3.400 especies de leguminosas se han analizado por su capacidad para nodular (Kumar *et al.* 2019).

Las especies de leguminosas se asocian a los hongos Glomeromycota u hongos formadores de la micorriza arbuscular (HMA) formando la simbiosis MA. Esto permite una mejor nutrición de la planta, principalmente, por favorecer la absorción del fósforo. Esas especies pueden tener doble simbiosis, rizobio-micorriza, lo que se conoce como simbiosis tripartita (Chalk *et al.* 2006); esto le confiere a la planta la capacidad de nutrirse de dos macronutrientes de importancia, como el nitrógeno (N) y el fósforo (P).

En los suelos agrícolas la asociación rizobio-leguminosa provee la fuente de N más importante para la planta (Liriano *et al.* 2012). Los simbiosiontes asociados son del orden Rhizobiales, que incluye

varios géneros entre ellos *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Azorhizobium*, *Ensifer* y *Sinorhizobium* (Datta *et al.* 2015). El nitrógeno atmosférico (N_2) es fijado dentro de los nódulos por dichas bacterias y lo transforman en amonio (NH_4), que emplea la planta como fuente asimilable para su crecimiento; ese proceso se denomina fijación biológica del nitrógeno (FBN) (Poole *et al.* 2018). El género *Rhizobium* es capaz de abastecer hasta un 90 % de las necesidades de nitrógeno en dichas plantas, a través de la FBN (López-Alcócer *et al.* 2017). Los rizobios son también considerados como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, colonizadoras del sistema radicular y su entorno más cercano, descritas originalmente por Zablotowicz *et al.* (1991).

La micorriza arbuscular es una simbiosis mutualista de amplia distribución en el reino vegetal (Barea 2015); favorece el crecimiento de la planta, ya que participa en la absorción de nutrientes inorgánicos de poca movilidad en el suelo, principalmente, el fósforo. Una abundante red de hifas del hongo que se extiende fuera de la raíz influye en la captación de los elementos de la solución del suelo. Esto permite que aumente la calidad y el rendimiento de los cultivos, se protegen las plantas de estreses bióticos y abióticos y mejora la estructura del suelo (Toro y Andrade 2020). Las micorrizas arbusculares son de interés biotecnológico, consideradas biofertilizantes. Su aplicación en sistemas agrícolas, prácticas de reforestación y recuperación de suelos contaminados o erosionados son promisorias (Toro *et al.* 2008).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación con microorganismos benéficos en la aclimatación de tres especies de leguminosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

En una primera etapa se realizó la propagación de las especies *Calopogonium* sp., *S. capitata* y *C. moschata* a partir de la germinación *in vitro* de semillas, según Maiquetía *et al.* (2020). Las plantas *in vitro* se extrajeron del medio de cultivo y se enjuagaron con agua destilada, para retirar el agar de las raíces. Se seleccionaron un total de 48 plantas por especie de leguminosa, con una altura de 4 a 6 cm, para el proceso de endurecimiento con microorganismos ó bioendurecimiento.

Microorganismos

El inóculo de HMA que se utilizó se multiplicó en el Laboratorio de Ecología de Agroecosistemas del Instituto de Zoología y Ecología Tropical, UCV. Es un cultivo mixto de hongos Glomeromycota nativos de los suelos de las sabanas de Santa María de Ipire, con predominio de especímenes pertenecientes a las familias Acaulosporaceae, Glomeraceae y Gigasporaceae (Mora *et al.* 2013). Se obtuvo mediante el uso de *Zea mays* como planta hospedera. El uso de inóculos mixtos, multicepa o consorcios de hongos Glomeromycota es una práctica que permite asemejar a las condiciones del suelo rizosférico de la planta, en su ecosistema natural. El inóculo (20 g.planta^{-1}) consistió en una mezcla de esporas ($600 \text{ esporas.g}^{-1} \text{ suelo}$), raicillas colonizadas (67 % de longitud de raíz micorrizada, LRM) y micelio, y se cuantificó según Giovanetti y Mosse (1980) previa tinción con azul de tripan (Phillips y Hayman 1970).

También se empleó el inóculo de *Rhizobium phaseoli* (R) que pertenece a la colección de microorganismos del Laboratorio de Ecología de Agroecosistemas, según Mora *et al.* (2013). Este se multiplicó en el mismo Laboratorio. Es un simbionte de rápido crecimiento que posee un amplio rango de hospederos de leguminosas con diferentes grados de efectividad y afinidad (Lloret y Martínez-Romero 2005). Se añadieron $2,5 \text{ mL.planta}^{-1}$ directamente en la base de la planta, a una concentración de 10^8 UFC.mL^{-1} . El inóculo de HMA se aplicó para el tratamiento solo con micorrizas (Tratamiento HMA) y en combinación con *R. phaseoli* (Tratamiento HMA + R) al momento que se colocaron las plantas a aclimatar en el sustrato.

Diseño experimental

La investigación se realizó en el invernadero del Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Biología Experimental de la Universidad Central de Venezuela (UCV). El diseño experimental empleado fue de bloques al azar, con tres tratamientos de inoculación correspondientes a: control sin microorganismos (SM), inoculación de hongos Glomeromycota (HMA) e inoculación con hongos Glomeromycota y *Rhizobium phaseoli* (HMA + R) con 16 plántulas o repeticiones para cada tratamiento. Las plantas seleccionadas de las tres especies se

trasplantaron a macetas, con capacidad de 250 mL; se colocaron en un sustrato constituido por una mezcla de suelo de sabana y tierra abonada (comercial) en proporción 2:1, cuya composición según Mora *et al.* (2017) fue: Textura: areno-francosa; pH= 5,01; N inorgánico= 20,36; P=11,32; K= 41,25; Ca= 57,63; Mg= 35,13; Na= 7,2 (mg.kg⁻¹); Materia Orgánica= 1,33 %, CIC= 3,06 (cmol⁺.Kg⁻¹). Las macetas con las plantas se ubicaron dentro de propagadores con alta humedad (80-93 % de humedad relativa) y baja luminosidad (10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, densidad de flujo fotónico fotosintético, DFF), durante 21 días. Luego de este período, las macetas se retiraron del propagador y se colocaron en el invernadero, donde se evaluó su supervivencia, desarrollo y crecimiento, durante 5 meses. Las plantas se regaron cada 3 días con agua destilada. Una vez por semana se regaban con 20 mL de solución Hewitt (1966) de acuerdo a cada tratamiento.

Sistema de muestreo y variables analizadas

Se realizaron medidas mensuales de altura de la planta (cm) y diámetro (mm) basal del tallo, número de hojas y área foliar. Se evaluaron mensualmente los porcentajes de supervivencia de las plantas en el invernadero, considerándose como 100 % la supervivencia de las 16 plantas por cada tratamiento de inoculación. A los cinco meses de crecimiento se cosecharon cuatro plantas por tratamiento, para determinar el área foliar específica (AFE= área hoja/masa seca hoja), la longitud radical, la biomasa seca de hojas, vástago y raíces. Previo a las evaluaciones se realizó un lavado con agua destilada y posterior secado del material a 60 °C durante 96 h. Se pesaron en una balanza analítica digital marca Adventure (Ohaus, China). Este procedimiento, planteado para las tres especies, solo se aplicó a *Calopogonium* sp. y *S. capitata* (Tratamientos HMA y SM). En el caso de *C. moschata* el número de plantas al final del período de observación fue insuficiente para realizar estas determinaciones. De las mismas plantas, se colectaron muestras de raíces y se fijaron con isopropanol hasta la cuantificación de la colonización micorrizica, empleando la metodología de tinción con azul de tripán propuesta por Phillips y Hayman (1970). Cada raíz se observó en su longitud total y se evaluó la presencia de las estructuras típicas de las MA, mediante el método de intersección de cuadrantes de Giovanetti y Mosse (1980). En el tratamiento inoculado con *R. phaseoli* (HMA + R), para cada especie, se realizó un

conteo del número de nódulos formados en la raíz de cada una de las plantas. Con esto se expresó el número total de nódulos por planta y el número promedio total de nódulos por tratamiento. Estas mediciones se realizaron para cada especie de leguminosa.

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), de dos vías para los datos que presentaban distribución normal y homogeneidad de varianzas. Se consideró los factores tiempo e inoculación para las variables supervivencia y de análisis de crecimiento a través del tiempo. El ANOVA de una vía se aplicó para los análisis de biomasa y análisis de crecimiento puntuales. En todos los casos en que las medias de los tratamientos diferían significativamente se aplicó la prueba de Duncan para $P < 0.05$. Para los análisis se utilizó el programa Statistic 5.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobrevivencia de las plantas de las tres especies de leguminosas en vivero

Las plantas de la especie *Calopogonium* sp. inoculadas con HMA +R mostraron la mayor supervivencia (16 %), respecto a los tratamientos HMA y SM (Figura 1A). En el caso de *S. capitata* se obtuvo un 25 % de supervivencia en las plantas micorrizadas (HMA), tratamiento con mayor supervivencia que SM y HMA + R (Figura 1B). En la especie *C. moschata* solo con el tratamiento HMA+R se mantuvo un 13 % de supervivencia de las plantas (Figura 1C).

La mayor tasa de supervivencia se encontró en las plantas inoculadas con HMA (*S. capitata*) o la doble inoculación HMA + R (en los casos de *Calopogonium* sp y *C. moschata*). Resultados similares han sido descritos por Krishna *et al.* (2006) y Muthuraj *et al.* (2018), quienes indican que la mayor supervivencia de las plantas estaría favorecida por la mayor capacidad exploratoria de la raíz; por la red de micelio que la MA establece en la rizósfera, lo cual incide en una mejora de la toma de nutrientes y agua para la planta. Al interactuar las MA con *R. meliloti*, no solo se mejora la nutrición de P, sino también del N, lo cual estaría incidiendo en el mejor desarrollo de la planta en los tratamientos HMA + R (Meng *et al.* 2015). La interacción entre bacterias promotoras

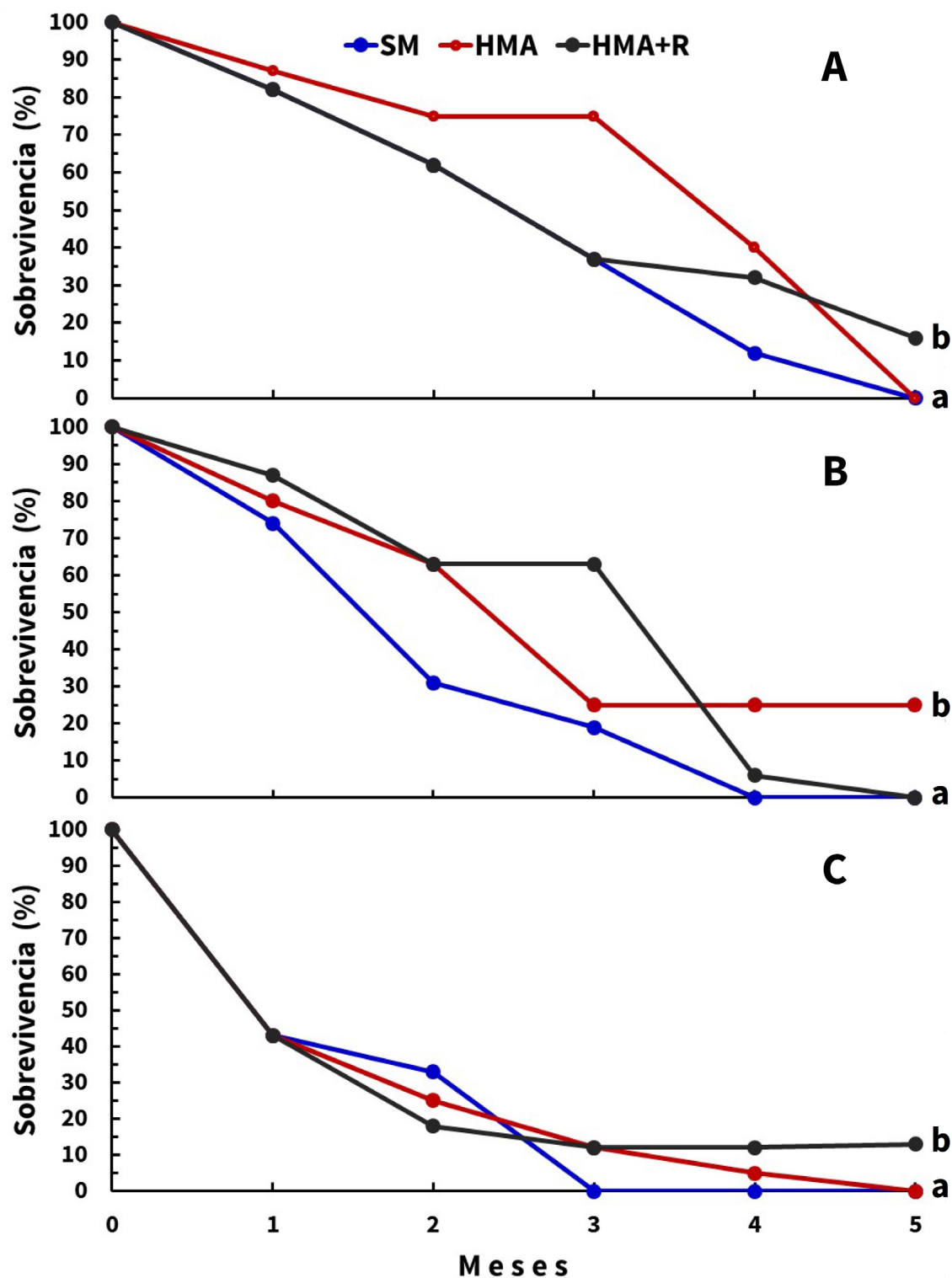


Figura 1. Variación del porcentaje de sobrevivencia de plantas provenientes de semillas germinadas *in vitro* en la inoculación con HMA, HMA+R y SM sobre la sobrevivencia: **A)** *Calopogonium* sp., **B)** *S. capitata* y **C)** *C. moschata* (Letras distintas letras indican diferencias significativas entre tratamientos).

de crecimiento y las MA es sinérgica, estimulando la nutrición de las plantas; también se ha descrito que las bacterias promotoras favorecen la colonización micorrizica y por ende del desarrollo de la planta y adquisición de nutrientes (Mora *et al.* 2019).

Respuesta de crecimiento de las plantas de las tres especies de leguminosas provenientes de semillas germinadas *in vitro*

***Calopogonium* sp.**

Se observó un incremento significativo en la altura de las plantas inoculadas con HMA+R y HMA respecto a las de control (SM), tendencia que se mantuvo hasta los cinco meses al finalizar la medición (Figura 2A). El diámetro basal del tallo fue mayor a partir del tercer mes en las plantas con doble inoculación (HMA+R), respecto a las plantas micorrizadas (HMA) y (SM), las cuales no tuvieron diferencias significativas entre sí a los cinco meses (Figura 2B). El número de hojas fue 46 y 28 % mayor en las plantas tratadas con HMA+R y HMA, respectivamente, en comparación a SM (Figura 2C). Es claro el efecto positivo de la inoculación con HMA + R en los parámetros de crecimiento de *Calopogonium* sp.

La masa de los compartimientos foliar, tallo y raíz de las plantas de *Calopogonium* sp. mostró diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación (Figura 3), resultando mayor el efecto de la doble inoculación (HMA+R). La mayor cantidad de masa puede deberse a la mejor condición nutricional que proveen las MA y a un posible realce de la función fotosintética, tal como indican Rupnawar y Navale (2000) en plántulas de granada y Decklerk *et al.* (2002) en plantas de banano bioendurecidas. En el caso de la masa del tallo, de raíz y hojas se encontraron diferencias significativas entre las plantas con los tratamientos HMA+R y HMA y las plantas control (SM), evidenciando nuevamente el efecto positivo de la inoculación de los microorganismos en la masa de la planta. La relación vástago/raíz mostró diferencias significativas entre tratamientos para las vitro plantas de *Calopogonium* sp., resultando con mayor valor en el tratamiento SM. Este comportamiento ha sido descrito como un efecto de estimulación en el desarrollo radical por los microorganismos beneficiosos descrito por Vidal *et al.* (1992) quienes observan un menor desarrollo de la raíz en las

plantas no inoculadas reflejado en una mayor relación V/R.

Tanto el área foliar total como el área foliar específica (mayor peso seco por unidad de área foliar) de *Calopogonium* sp. presentaron diferencias significativas entre tratamientos, resultando mayor el efecto positivo del tratamiento HMA+R, según se observa en la Figura 4. Tendencias similares fueron descritas por Vosátka *et al.* (1999) al conseguir buen desarrollo foliar y de la planta por efecto de la inoculación con varias especies de HMA, a consecuencia de la mejor condición nutricional (P y N) y a actividad fotosintética favorecida por las asociaciones simbióticas (Kumar *et al.* 2014, Mirjani *et al.* 2019).

S. capitata

El tratamiento más favorable para la aclimatación de esta especie fue HMA, en el que se observó un incremento significativo en la altura de las plantas respecto a las SM, a partir del tercer mes de tratamiento que se mantuvo hasta el quinto mes, final de la medición (Figura 5). El diámetro basal del tallo y el número de hojas fueron mayores a partir del cuarto mes en las plantas inoculadas con HMA. En esta especie, la cantidad de raíces de las muestras finales fue insuficiente para cuantificar la colonización micorrízica. Sin embargo, se observa que la inoculación con HMA favoreció los parámetros de crecimiento de *S. capitata*, coincidiendo con los resultados de bioendurecimiento con micorrizas de plantas micropropagadas obtenidos por Singh *et al.* (2012), Muthuraj *et al.* (2018) y Mirjani *et al.* (2019).

Aunque las plantas de *S. capitata*, inoculadas con HMA + R, alcanzaron los mayores valores de sobrevivencia en la aclimatación, 63 % a los tres meses, estas no sobrevivieron hasta los cinco meses. Esto pudo ser causado por el desarrollo incipiente de las raíces y, posiblemente, de su aparato fotosintético, incidiendo en una fisiología disfuncional de las plantas y baja sobrevivencia (Kumar *et al.* 2014). Por esta razón no se realizaron mediciones de los parámetros de crecimiento para este tratamiento. Los microorganismos que se combinan o se mezclan pueden manifestar incompatibilidad entre ellos, dado que las interacciones mutualistas alcanzan inestabilidad debido a diversos factores bióticos y abióticos (Cano 2011).

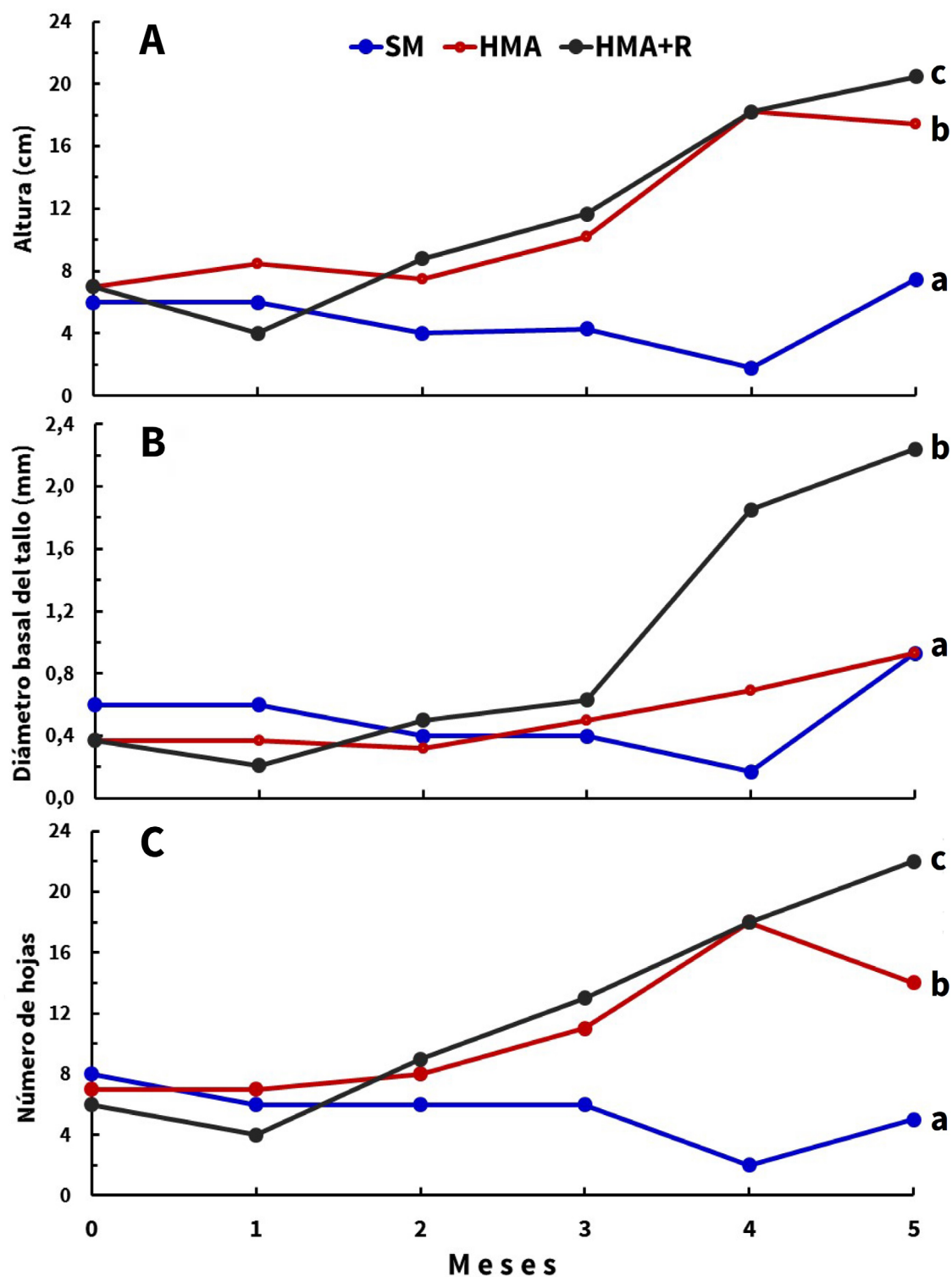


Figura 2. Evaluación de variables de crecimiento: **A)** altura (cm); **B)** diámetro (mm) basal del tallo y **C)** número de hojas durante cinco meses, en plantas de semillas germinadas *in vitro* de *Calopogonium* sp. inoculadas con HMA, HMA+R y SM. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

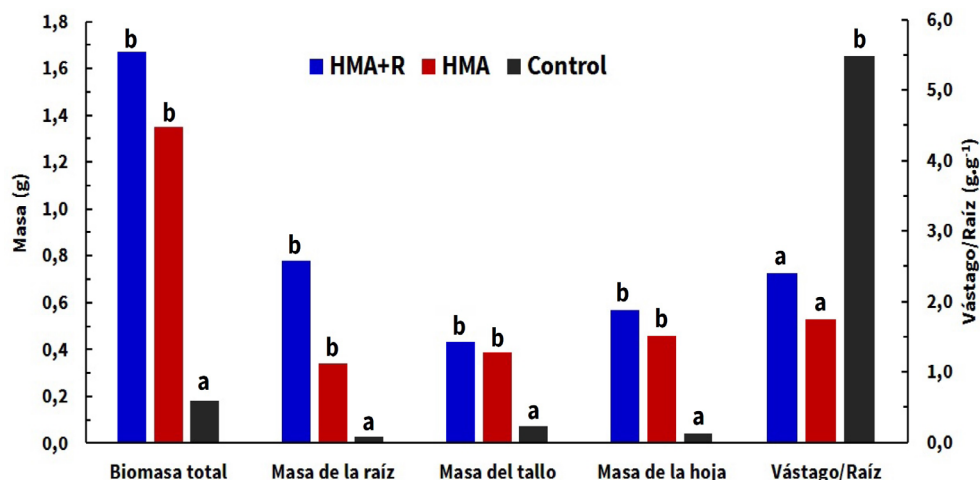


Figura 3. Efecto de la inoculación con HMA, HMA+R y Control (SM) en las plantas que provienen de semillas germinadas in vitro de *Calopogonium* sp. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos.

C. moschata

Durante la etapa de aclimatación el número final (dos) de plantas de *C. moschata* fue insuficiente para obtener datos con significancia estadística sobre las variables estudiadas. Las plantas que se conservaron en el proceso mostraron buen vigor, buena apariencia, sin formación de estructuras nodulares. Investigaciones previas reportaron efectos beneficiosos de la inoculación micorrízica en árboles micropropagados (Singh *et al.* 2004); cuando se aplica la inoculación con HMA poco después de retirar los explantes de los vasos de cultivo y al comienzo del inicio de la raíz. Estas

recomendaciones dependen de las especies, porque dicho beneficio no predominó en el presente estudio. Es conocido que la colonización micorrízica tiene lugar solo en raíces jóvenes y secundarias antes de la suberización (Azcón-Aguilar *et al.* 1992 y 1997).

C. moschata es una especie arbórea de lento crecimiento y las raíces finas y jóvenes son producidas tardíamente durante el desarrollo *ex vitro*. Según los resultados de la presente investigación, puede ser que, el establecimiento de la simbiosis micorrízica haya sido más lento en esta especie afectándose su desarrollo y supervivencia. Así mismo, para el

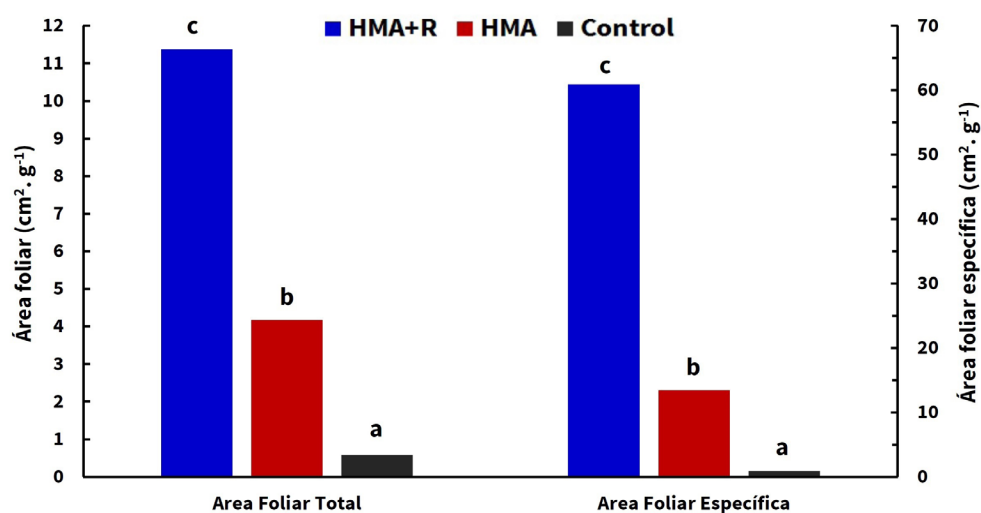


Figura 4. Efecto de la inoculación con HMA, HMA+R, con respecto al control (SM) de plantas provenientes de semillas germinadas in vitro de *Calopogonium* sp. sobre el área foliar total y el área foliar específica. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

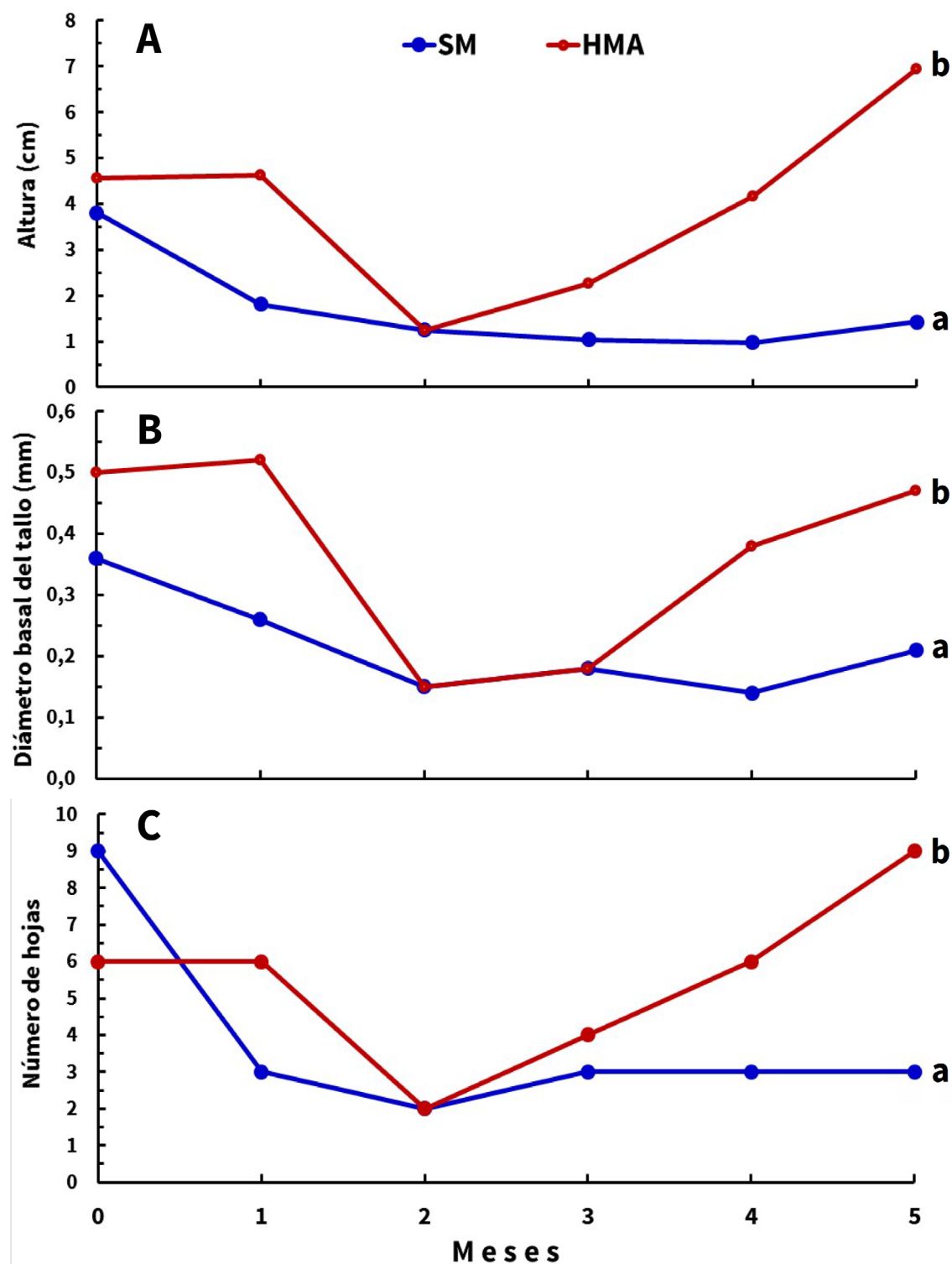


Figura 5. Evaluación del efecto de la inoculación de plantas de *S. capitata*, provenientes de semillas germinadas *in vitro*, durante 5 meses sobre: **A)** altura; **B)** diámetro basal del tallo y **C)** número de hojas. Triángulos, plantas inoculadas con HMA; cuadrados, plantas sin microorganismos inoculados (SM). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

establecimiento de *R. phaseolus* y la formación de los nódulos, pues hasta cinco meses de crecimiento, no se observaron. Las características de lento crecimiento de esta especie arbórea así lo sugieren y concuerdan con los resultados de la presente investigación. El efecto beneficioso de la inoculación micorrízica en *C. moschata* parece ser confirmado por nuestros resultados en las plantas restantes, solo a nivel de crecimiento. Así mismo, podría haber casos en los que no se encuentren efectos significativos de la inoculación con hongos micorrizicos según la planta hospedera; por lo tanto, la combinación de planta-HMA debe probarse para cada cultivo en particular antes de iniciar el proceso de bioendurecimiento (Vosátka *et al.* 1999).

Las diferentes respuestas de aclimatación entre las especies de leguminosas pueden ser porque la rizósfera es un entorno dinámico, donde ocurren interacciones importantes entre planta-planta, planta-microorganismos y microorganismos-microorganismos. La respuesta de estas interacciones puede representar un posible antagonismo o sinergismo, el cual depende de las cepas microbianas implicadas en la interacción, así como, de la especie vegetal utilizada (Perez *et al.* 2015). Nuestros estudios continuarán evaluando estos aspectos a fin de optimizar los protocolos de bioendurecimiento para cada especie vegetal.

Cuantificación de la longitud de raíz colonizada por MA y nodulación en las raíces de las tres especies de leguminosas estudiadas

En las plantas de *Calopogonium* sp. inoculadas con HMA se obtuvieron los mayores valores de colonización por micorrizas arbusculares (40 ± 12 %). En el caso del tratamiento con HMA + R un 25 ± 15 % (Cuadro 1), observándose vesículas y arbusculos en la tinción de las raíces (Figura 6).

Las plantas de *Calopogonium* sp. del tratamiento HMA + R exhibieron un promedio de 85 nódulos de *R. phaseoli* por planta, contrastando con las plantas, HMA y SM donde no se observaron dichas estructuras, a pesar de ser un suelo no esterilizado. La ausencia de HMA y/o rizobios en dicho sustrato, efectivos o afines a las especies de leguminosas empleadas en este trabajo es evidente (Cuadro 1).

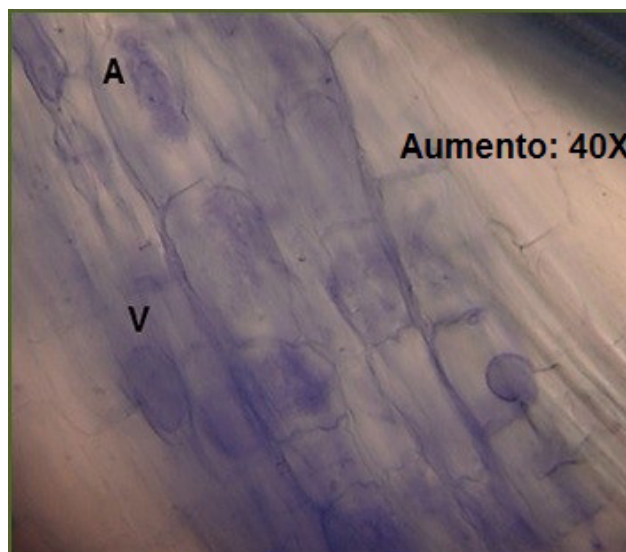


Figura 6. Raíz de *Calopogonium* sp. proveniente de plantas semillas germinadas *in vitro*, durante cinco meses de aclimatación colonizada con HMA. Nótese la presencia de arbusculos (A) y vesículas (V), estructuras típicas de la micorriza arbuscular.

Los resultados coinciden con los descritos por Meng *et al.* (2015), quienes señalan que la interacción de los rizobios con las MA es positiva para el crecimiento y desarrollo de las plantas; al igual que Chikkalaki *et al.* (2017), que obtuvieron eficiente bioendurecimiento de plantas de granada utilizando HMA y bacterias promotoras. Para *Calopogonium* sp., no hubo diferencias significativas respecto a la colonización micorrizica en la simbiosis tripartita, sin embargo se observó un número importante de nódulos por planta. Se ha descrito, Barea (2015), que la doble simbiosis es favorable en las leguminosas, reflejando una mejor condición nutricional y favorecimiento de los parámetros de crecimiento del tratamiento HMA + R. Un efecto similar de las inoculaciones se observa en la longitud de las raíces de esta especie (Figura 7).

S. capitata no produjo suficiente cantidad de raíces para la determinación de la colonización micorrízica, sin embargo si hubo nodulación en el tratamiento HMA + R (Cuadro 1). Es claro el contraste entre las capacidades de nodulación y colonización micorrízica entre las tres especies estudiadas. Esto puede estar relacionado con las diferencias fisiológicas entre las especies y su afinidad con los

Cuadro 1. Colonización micorrizica (%) y número de nódulos en las raíces de las tres especies de leguminosas, inoculadas con microorganismos benéficos.

Variables	Tratamientos por especies de leguminosa								
	Sin microorganismos			Hongos Glomeromycota			Hongos Glomeromycota + <i>R. phaseoli</i>		
	<i>Calopogonium</i> sp.	<i>S. capitata</i>	<i>C. moschata</i>	<i>Calopogonium</i> sp.	<i>S. capitata</i>	<i>C. moschata</i>	<i>Calopogonium</i> sp.	<i>S. capitata</i>	<i>C. moschata</i>
Colonización micorrizica (%)	0	0	IR	40 ± 12	IR	IR	25 ± 15	IR	IR
Número de nódulos	0	0	0	ND	ND	ND	85 ± 10,5	5 ± 3	0

IR = Insuficiente cantidad de raíces para determinar la colonización micorrizica o nódulos; ND = No detectado.

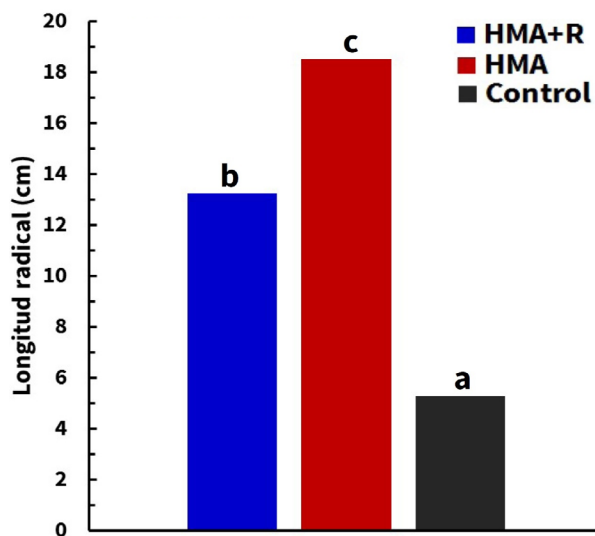


Figura 7. Efecto de la inoculación con HMA, HMA+RySM sobre la longitud de raíz de plantas de *Calopogonium* sp. provenientes de semillas germinadas *in vitro*. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos.

microorganismos utilizados (Martínez-Viera *et al.* 2010). También se refleja en la ausencia de nodulación de *C. moschata* hasta los cinco meses de crecimiento, justificado anteriormente. En el mismo Cuadro 1, se observa la ausencia de nodulación y colonización micorrizica para *Calopogonium* sp. y *S. capitata* en el tratamiento SM, corroborando la ausencia de los microorganismos utilizados en el sustrato empleado.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ilustran un efecto promotor de la inoculación micorrizica y de bacterias promotoras sobre la aclimatación de plantas provenientes de propagación *in vitro*.

El uso de hongos MA efectivos es notable en el desarrollo eficiente de las plantas propagadas *in vitro*, reduciendo así la mortalidad durante la aclimatación, particularmente para *Calopogonium* sp. y *S. capitata*.

La aplicación de las micorrizas arbusculares y de *R. phaseoli* a las plantas de *Calopogonium* sp. favoreció su establecimiento y podría asumirse como una práctica rutinaria en la aclimatación de plantas de esta especie. En el caso de *S. capitata* y *C. moschata*, es necesario continuar con los estudios de optimización de los protocolos *in vitro*, de aclimatación y bioendurecimiento con otras especies de bacterias promotoras y hongos micorrizicos; esto a fin de aumentar la supervivencia de las plantas de esas especies obtenidas *in vitro*, ya que la afinidad de los microorganismos puede variar con la planta hospedera.

LITERATURA CITADA

Anis, M; Siddique, I; Naz, R; Rafique Ahmed, M; Aref, IM. 2012. Advances in micropropagation of a highly Important *Cassia* species-A review (en línea). In Bandani, AR (ed.). New Perspectives in Plant Protection. p. 191-206. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2WxFKNk>

- Azcón-Aguilar, C; Barceló, A; Vidal, MT; De la Viña, G. 1992. Further studies on the influence of mycorrhizae on growth and development of micropropagated avocado plants (en línea). *Agronomie* 12(10):837-840. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3jiw16n>
- Azcón-Aguilar, C; Cantos, M; Troncoso, A; Barea, JM. 1997. Beneficial effect of arbuscular mycorrhizas on acclimatization of micropropagated cassava plantlets. *Scientia Horticulturae* 72:63-71.
- Barea, JM. 2015. Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-microbiome interactions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 15(2):261-282.
- Calderón, L; Gómez, L; Blanco, F; Uribe, L. 2000. La inoculación con *Glomus manihotis* sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de yuca producidas *in vitro*, en la fase de aclimatización. *Agronomía Costarricense* 24(2):25-29.
- Cano, MA. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 14(2):15-31.
- Chalk, PM; Souza, RF; Urquiaga, S; Alves, BJR; Boddey, RM. 2006. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance (en línea). *Soil Biology and Biochemistry* 38(9):2944-2951. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/bcjrww>
- Chikkalaki, S; Patil, SN; Venkateshalu. 2017. Bio hardening in micropropagation. *International Journal of Botany and Research* 7(2):21-24.
- Datta, A; Singh, RK; Kumar, S; Kumar, S. 2015. An Effective and Beneficial Plant Growth Promoting Soil Bacterium "*Rhizobium*": A Review. *Annals of Plant Sciences* 4(01):933-942.
- Decklerk, S; Risede, JM; Delvaux, B; 2002. Greenhouse response of micropropagated bananas inoculated with *in vitro* monoxenically produced arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Horticulturae* 93(3-4):301-309.
- Depablos, L; Ordóñez, J; Godoy, S; Chicco, CF. 2009. Suplementación mineral proteica de novillas a pastoreo en los Llanos Centrales de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 27(3):249-262.
- Escandón, AS; Ferreri, P; Facciuto, G; Soto, S; Hagiwara, JC; Acevedo, A. 2003. Combinación de técnicas *in vitro* y *ex vitro* para la micropropagación de Santa Rita (hibr.) Una arbustiva de relevancia ornamental. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 32(1):111-112.
- Fernández, K; Fernández, F; González, ME; Pérez, E; Mirabal, L; Pazos, M. 2002. Micorrización *in vitro* de plantúlas de *Coffea canephora* Var. Robusta: ¿Una realidad? *Cultivos Tropicales* 23(3):47-52.
- Giovannetti, M; Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots (en línea). *New Phytologist* 84:489-500. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/chs76c>
- Hewitt EJ. 1966. *Sand and Water Culture Methods Used in Study of Plant Nutrition* (2 ed.). Technical communication of the Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops. East Malling. Maidstone, Kent. Commonwealth Agricultural Bureaux 547 p.
- Krishna, H; Singh, SK; Patel, VB. 2006. Screening of arbuscular-mycorrhizal fungi for enhanced growth and survival of micropropagated grape (*Vitis vinifera*) plantlets. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 76(5):297-301.
- Kumar, RK; Singh, KP; Raju, DVS. 2014. Symbiotic Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Flowering of Micropropagated Plants of Chrysanthemum (*Chrysanthemum dendranthemum*) (en línea). *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 5(3):369-374. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsnm>
- Kumar, A; Singh Meena, V; Roy, P; Vandana; Kumari, R. 2019. Role of Rhizobia for Sustainable Agriculture: Lab to Land (en línea). In Kumar, A; Singh Meena, V. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Agricultural Sustainability. From Theory to Practices*. pp. 129-149. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsnk>

- Liriano G, R; Nuñez, BD; Barceló, R. 2012. Efecto de la aplicación de *Rhizobium* y Maycorrizas en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad CC-25-9 negro. Centro Agrícola 39(4):17-20.
- Lloret, L; Martínez-Romero, E. 2005. Evolución y filogenia de *Rhizobium*. Review. Revista Latinoamericana de Microbiología 47(1-2):43-60.
- López-Alcocer, JJ; Lépiz-Ildelfonso, R; González-Eguarte, DR; Rodríguez-Macias, R; López-Alcocer, E; Olalde-Portugal, V. 2017. Caracterización morfológica y bioquímica de cepas de *Rhizobium* colectadas en frijol común silvestre y domesticado (en línea). Revista Fitotecnia Mexicana 40(1):73-81. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsm4>
- López-Falcón, R; Espinoza, F. 2015. Degradación del suelo en los llanos de Venezuela (en línea). In López Falcón, R; Hétier, JM; López Hernández, D; Schargel, R (†); Zinck, A. (eds.). Tierras Llaneras de Venezuela... tierras de buena esperanza. Consejo de Publicaciones, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. p. 269-301. Consultado 13 feb. 2020. Disponible en <https://bit.ly/38gEO2f>
- Maiquetía M, MY; Vargas C, TE; Toro G, M; García de G, EC. 2020. Estudios en la germinación y propagación *in vitro* de tres especies de Leguminosae: *Calopogonium* sp, *Stylosantes capitata* y *Cassia moschata* (en línea). Revista Científica Ecociencia 7(6):1-25. Consultado 16 feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/gsrp>
- Marinho G, GJ; Ndiaye, A; Linhares de A, R; Azevedo E, JA. 2010. Cultivos de coberturas como indicadores de procesos ecológicos (en línea). LEISA. Revista de Agroecología 22(4):20-22. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2Y1jhZH>
- Martínez-Viera, R; Dibut, B; Ríos, Y. 2010. Reseña "Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta". Cultivos Tropicales 31(3):27-31.
- Meng, L; Zhang, A; Wang, F; Han, X; Wang, D; Li, S. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium facilitate nitrogen uptake and transfer in soybean/maize intercropping system (en línea). Frontiers in Plant Science 6(339):1-10. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/f7gzzt>
- Mirjani, L; Salimi, A; Matinizadeh, M; Razavi, K; Shahbazi, M. 2019. Biotization with *Glomus fasciculatum* to enhance the acclimatization and absorption of nutrients by micropropagated savory (*Satureja khuzistanica* Jamzad) plantlets (en línea). Journal of Elementology 24(2):785-802. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://dx.doi.org/gsm3>
- Mora, E; Toro, M; López-Hernández, D. 2013. A survey of arbuscular mycorrhizae, *Rhizobium* and phosphate solubilizing bacteria in low fertility savanna soils in central Venezuela (Estación Experimental La Iguana). In Miransari, M. (ed). Soil Microbiology. Studium Press LLC, Houston, Texas, USA. p. 97-114.
- Mora, E; Toro, M; López-Hernández, D. 2017. The presence of beneficial organisms associated to N and P economy in the rhizosphere of native vegetation in an oligotrophic savanna of Guárico State, Venezuela (en línea). The Open Plant Science Journal 10:123-133. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3noKLmC>
- Mora, E; López-Hernández, D; Toro, M. 2019. Arbuscular mycorrhizae and PGPR applications in tropical savannas. In Zúñiga-Dávila, D; González-Andrés, F; Ormeño-Orrillo, E. (eds). Microbial probiotics for agricultural systems. Advances in Agronomic Use. p. 169-177.
- Muthuraj, K; Kaffoor, HA; Nagarajan, N. 2018. Establishment of *in vitro* protocol and impact of mycorrhization with phosphobacteria on micro propagated *Pogostemon mollis* Benth. (Lamiaceae) (en línea). Journal of Taibah University for Science 12(1):1-10. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsnng>
- Pérez, UA; Ramírez, MM; Zapata, YA; Córdoba, JM. 2015. Efecto de la inoculación simple y combinada con Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (HFMA) y Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) en plántulas micropropagadas de mora (*Rubus glaucus* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria 16(1):95-103.
- Pérez, A; Trujillo, I; Vidal, MC; De Lima, N. 2006. Propagación *in vitro* de *Stylosanthes capitata* Vogel: Una especie de gran potencial forrajero. Acta Botanica Venezuelica 29(2):335-346.

- Phillips, JM; Hayman, DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection (en línea). Transactions of the British Mycological Society 55(1):158-161. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/dnhtg3>
- Poole, P; Ramachandran, V; Terpolilli, J. 2018. Rhizobia: from saprophytes to endosymbionts (en línea). Nature Reviews Microbiology 16(5):291-303. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/gcwp7s>
- Rojas-Rodríguez, F; Torres-Córdoba, G. 2015. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Corralillo (*Cassia moschata* Kunth) (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 12(29):77-79. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsnf>
- Rupnawar, BS; Navale, AM; 2000. Effect of VA-mycorrhizal inoculation on growth of pomegranate layers. Journal of Maharashtra Agricultural Universities 25(1):44-46.
- Sánchez, S; Hernández, M; Ruz, F. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. Pastos y Forrajes 34(4):375-392.
- Sanabria, B; Silva-Acuña, R; Oliveros, M; Manrique, U. 2004. Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. Bioagro 16(3):225-230.
- Singh, SK; Minakshi, G; Khawale, RN; Patel, VB; Krishna, H. 2004. Mycorrhization as an aid for biohardening of In vitro raised grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets (en línea). Acta Horticulturae 662(1):289-295. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsnd>
- Singh, N; Singhb, SK; Singhb, AK; Meshrama, DT; Suroshea, SS; Mishrac, DC; 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) induced hardening of micropropagated pomegranate (*Punica granatum* L.) plantlets (en línea). Scientia Horticulturae 136:122-127. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsnb>
- Toro, M; Bazo, I; López, M. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. Agronomía Tropical 58(3):215-221.
- Toro, M; Andrade, G. 2020. Arbuscular mycorrhizae, beneficial microorganisms for sustainable agriculture (en línea). In Filho W, L; Azul, A; Brandli, L; Lange, S; Wall, T. (eds). Life on land, encyclopedia of the UN sustainable development goals. p. 1-14. Consultado 13 feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/gsnc>
- Toral, O; Machado, R; Navarro, M; Fung, C; Reino, J. 2006. Prospección y colecta de leguminosas multipropósito en la zona central de Cuba. Pastos y Forrajes 29(2):135-143.
- Vidal, MT; Azcón-Aguilar, C; Barea, JM; Pliego-Alfaro, F. 1992. Mycorrhizal Inoculation Enhances Growth and Development of Micropropagated Plants of Avocado 8(en línea). Horticultural Science 27(7):785-787. Consultado 11 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/gsm9>
- Vosátka, M; Jansa, J; Regvar, M; Srámer, F; Malcová, R. 1999. Inoculation with mycorrhizal fungi a feasible biotechnology for horticulture. Phytion 3:219-224.
- Weir, BS. 2016. The current taxonomy of rhizobia. NZ Rhizobia website (en línea). Consultado 10 ago. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3Be69i8>
- Zablowicz, RM; Tipping, EM; Lifshitz, R; Kloepper, JW. 1991. Plant growth promotion mediated by bacterial rhizosphere colonizers (en línea). In Keister, DL; Cregan, PB (eds.). The rhizosphere and plant growth. p. 315-326. Consultado 13 jul. 2020. Disponible en <https://doi.org/bd4m66>

Musáceas en Venezuela: Análisis sobre su producción y expansión

Gustavo Martínez-Solórzano^{1*} , Juan Carlos Rey-Brina¹ , Marlyn Escalante² ,
Jesús Salazar³ , Marcos Sanoja⁴ , Rafael Pargas¹ 

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela. ²Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), Departamento de Ingeniería Agronómica, San Cristóbal, Venezuela. ³Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Agronomía (FAGRO), Maracay, Venezuela. ⁴Corporación Venezolana de Guayana (CVG), Ciudad Bolívar, Venezuela. *Correo electrónico: martinezgve@yahoo.es

RESUMEN

Las musáceas por sus cualidades alimenticias y medicinales son consideradas alimentos básicos y estratégicos. La producción de musáceas puede ser subestimada por su carácter extensivo; sin embargo, estos cultivos son muy importantes. Para analizar el comportamiento de su distribución espacial, superficie sembrada y producción en Venezuela entre los años 1961 y 2019, se realizó recorrido por diversos sectores, compilando información entre productores, observaciones *in situ*, revisión documental (años 1961 al 2019), referenciales estratificados sobre variabilidad topográfica y edafoclimática, caracterización agroecológica (temperatura, precipitación, relieve y contenido de arcilla) de cada sitio. Los resultados indicaron que la superficie y producción presentaron leves incrementos hasta el año 2000, y luego descendieron hasta el año 2011. Posteriormente ascienden con máximos valores en el año 2018. Se redefinieron las zonas de producción tradicionales (ZPT), y nuevas áreas son indicadas. Se concluye que entre las ZPT, el sur del lago de Maracaibo con adyacencia del estado Trujillo, y el eje Barinas-Alto Apure, destacan con la mayor contribución en la producción nacional. Se indica además que la superficie y producción pueden ser afectadas por factores asociados al manejo, y elementos macroeconómicos. Se observó que al aumentar los Ingresos Petroleros (IP), aumentan las importaciones, y las frutas importadas presentan bajos precios, desestimulando la producción nacional. Al bajar los IP (situación actual) se genera inflación, bajo poder adquisitivo, y las musáceas presentan atractivo precio ante las frutas importadas, permitiendo incrementar su demanda, mayor participación en el mercado, sustitución de otros alimentos y, expansión de sus áreas.

Palabras clave: plátano (*Musa AAB*), banano (*Musa AAA*), plantaciones, distribución geográfica.

Musaceas in Venezuela: Brief analysis about its production and expansion

ABSTRACT

The musaceas, are considered basic and strategic for its food and medicinal qualities. Musaceas production can be underestimated by its extensive character; however, these crops are very important in many countries. To analyze the behavior of its spatial distribution, planted area and production in Venezuela between 1961 and 2019, various sectors were visited, compiling information between producers, *in situ* observations, documentary review (years 1961 to 2019), stratified references on topographic and edaphoclimatic variability, agroecological characterization (temperature, precipitation, relief and clay content) of each site. The results indicated that the surface and production showed slight increases until the year 2000, and then they decrease until the year 2011. Later they increased with maximum values in the year 2018. The traditional production zones (ZPT) were redefined, and new areas are indicated. It is concluded that among the ZPT, the south of Lake Maracaibo adjacent to the state of Trujillo, and the Barinas-Alto Apure axis, stand out with the greatest contribution to national production. It is also indicated that the area and production can be affected by factors associated with management, and macroeconomic elements. It was observed that as Oil Prizes (OP) increase, Musaceas imports increase, and imported fruits present low prices, discouraging national production. By lowering the OP (current situation) inflation and a low spending power is generated, and the musaceas have an attractive price compared to imported fruits, allowing to increase their demand, to have a greater market participation, its could substitute other foods and expand their areas.

Key words: plantain (*Musa AAB*), bananas (*Musa AAA*), plantations, geographical distribution.

Recibido: 20/04/2021 - Aprobado: 20/09/2021

INTRODUCCION

Las musáceas son señaladas como alimentos básicos para más de 400 millones de personas por poseer cualidades alimenticias y medicinales, que las diferencian del resto de las frutas (Martínez *et al.* 2020a, Martínez *et al.* 2020b). Se encuentran entre los principales rubros alimenticios energéticos de importancia y entre las frutas más exportadas, representando fuente esencial de ingresos para miles de hogares rurales (Staver y Lescot 2015, FAO 2017, Crawford y Kueffner 2020).

Aun cuando los datos referentes a su producción, consumo y comercio, pueden subestimarse por el carácter extensivo de estos cultivos, que involucran pequeñas parcelas familiares, la información disponible refleja su importancia como cultivos estratégicos en la seguridad alimentaria de muchos países (Staver y Lescot 2015, FAO 2017).

En el caso de Venezuela, por su situación geográfica - temperaturas uniformes, definida longitud del día de 12 hr y alta radiación-, pueden ser encontrados en todo el territorio nacional. Su producción está basada principalmente en clones de bananos (*Musa* AAA) subgrupo Cavendish y plátano (*Musa* AAB) Hartón gigante, pudiendo existir otros clones de menor importancia que en conjunto, contribuyen con 31,45 % del volumen total de producción de frutas para el año 2017 (FEDEAGRO 2021). No obstante, ante la existencia de nuevas amenazas fitosanitarias a nivel global, donde destaca la marchitez por *Fusarium* raza tropical 4 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), ausente en nuestro país, que tiene la capacidad de comprometer la economía y seguridad alimentarias, es necesario reactivar y acondicionar en Venezuela la plataforma básica para investigar y promocionar las potencialidades y virtudes de nuevos clones resistentes y/o tolerantes a estos futuros problemas fitosanitarios (Martínez *et al.* 2020a, Martínez *et al.* 2020c).

Aun cuando los cultivos de musáceas comestibles se encuentran muy dispersos en nuestro país, existen regiones definidas por la concentración y prevalencia de los mismos, catalogadas como zonas tradicionales y otras como nuevas áreas, siendo necesario actualizar esta información. El objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento de la producción de las musáceas en Venezuela entre 1961 y 2019, y redefinir sus zonas de producción, que incluyen nuevas áreas en expansión.

MATERIALES Y METODOS

Entre los años 2017 y 2019 se realizó recorrido en distintas zonas productoras de musáceas en Venezuela que involucró las regiones sur del lago de Maracaibo (estados Zulia, Mérida, Trujillo, Táchira), llanos occidentales (Portuguesa, Cojedes, eje Barinas - alto Apure - sur Táchira), centro-occidental (Yaracuy), central (Aragua, Carabobo, Miranda), llanos centrales (Guárico, Apure norte), llanos orientales (Anzoátegui), zona oriental (Monagas, Sucre, Delta Amacuro). En ellas se recolectaron informaciones sobre los cultivos de musáceas existentes en cada sitio, cuya identificación fue corroborada con observaciones *in situ*, y se basó en la caracterización morfológica específica para grupos genómicos o cultivar utilizadas por Haddad y Borges (1974), IPGRI-INIBAP/CIRAD (1996) y Daniells *et al.* (2001).

Para complementar la información se realizaron entrevistas a productores, revisión documental de diferentes fuentes, consultas a especialistas en el área, visitas a oficinas estatales de organismos oficiales, tales como Instituto Nacional de Tierras (INTI), Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras (MPPAPT), Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), entre otras. De igual manera, se consultó las bases de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sobre superficie y producción entre años 1961 y 2019, y de la Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios de Venezuela (FEDEAGRO) entre los años 1997 y 2017, para indagar sobre su comportamiento, definir y analizar su aporte en la producción total de frutas en el país.

Para conocer detalles de estas zonas se utilizaron estudios estratificados sobre su variabilidad topográfica y edafoclimática, caracterización agroecológica apoyada en la temperatura y precipitación, entre los años 2010 y 2018 (Global Climate Monitor 2020), relieve (NASA 2020) y contenido de arcilla (Martínez *et al.* 2020a). La muestra de productores entrevistados osciló entre 3 y 40 individuos por sitio visitado. Para todo ello se empleó la metodología utilizada por Martínez *et al.* (2020a).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de la superficie

En la Figura 1, se aprecian dos etapas: A) entre los años 1961 y 2000 se observan cambios atenuados, y un valor mínimo de 99.695 ha en el año 1962, y un valor máximo de 127.529 ha en el año 1992. Seguidamente se observa disminución casi constante hasta el año 2000, B) a partir del año 2001, se evidencia contracción en el comportamiento de la curva, con valor mínimo en el año 2012 (69.819 ha). Posteriormente se observan incrementos paulatinos con valor máximo de 104.785 ha, para el año 2018, con leve descenso de 630 ha en el año 2019. En esta etapa, los valores máximos y mínimos, se presentan por debajo de los registrados en la etapa que la precede.

En la Figura 2, se evidencia disminución constante del aporte de su superficie sembrada en la superficie total de frutas producidas en el país, el cual desciende desde 52 % en el año 1997, hasta alcanzar el valor mínimo histórico de 32 % en el año 2012. Pocos incrementos fueron observados, destacándose los años 2008, 2013 y 2016. Para el año 2017 fue reportado 39 % del aporte de las musáceas.

Comportamiento de la producción

En la Figura 3, se definen tres etapas: A) a partir del año 1961 se observa incremento constante, con atenuados cambios hasta el año 1992, donde alcanza el valor máximo histórico de 1.807.290 t.; B) entre los años 1993 y 2004, se presenta comportamiento descendiente en la curva, siendo más acentuada entre los años 2001 y 2004, alcanzando el mínimo valor ese último año con 889.345 t.; C) a partir del año 2004 se observan alzas y bajas en los valores hasta el año 2011, y el valor mínimo histórico (804.500 t) se reportó en el año 2008. Posterior al año 2011 se observa un comportamiento ascendente en la curva, con valores máximos en los años 2018 y 2019 (1.404.094 y 1.400.221 t respectivamente), pero siempre por debajo del máximo histórico alcanzado en la primera etapa.

En la Figura 4 se observa leve incremento del aporte de su producción en el volumen total de frutas producidas en el país, entre los años 1997 y 1998, y a partir de este último año el valor alcanzado de 47 %, se mantiene hasta el año 2001, cuando se origina descenso casi constante hasta alcanzar el mínimo histórico de 22 % en el año 2012. Seguidamente los cambios experimentados indican leve incremento y descenso, hasta el año 2017 donde se reporta una contribución de 31 %.

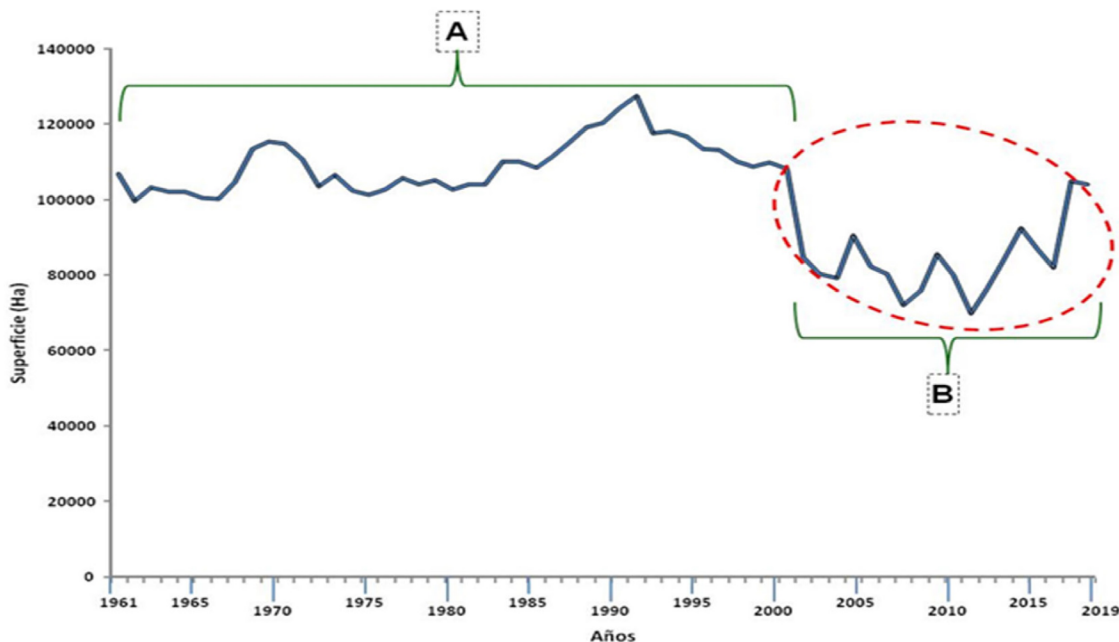


Figura 1. Superficie sembrada de musáceas en Venezuela entre 1961 al 2019. Fase A desde el año 1961 hasta el año 2000. Fase B desde el año 2001 hasta el año 2019. Fuente FAO 2021.

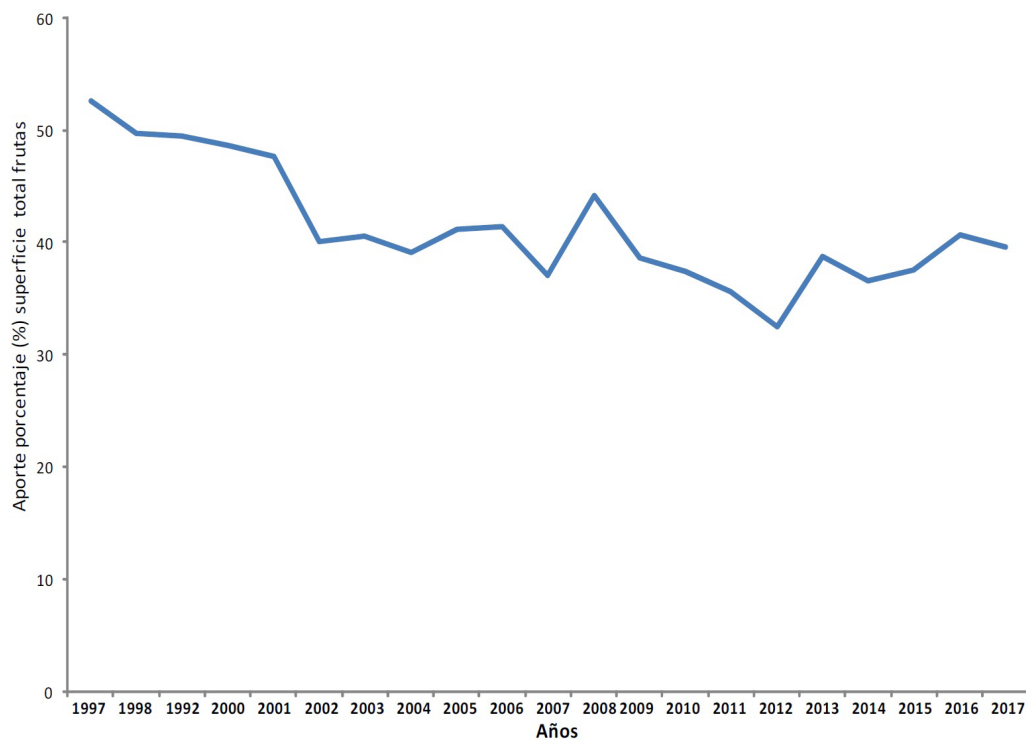


Figura 2. Comportamiento para cada año del aporte de las musáceas en la superficie total de frutas producidas en el país expresado en porcentaje entre 1997 y 2017. Fuente FEDEAGRO 2021.

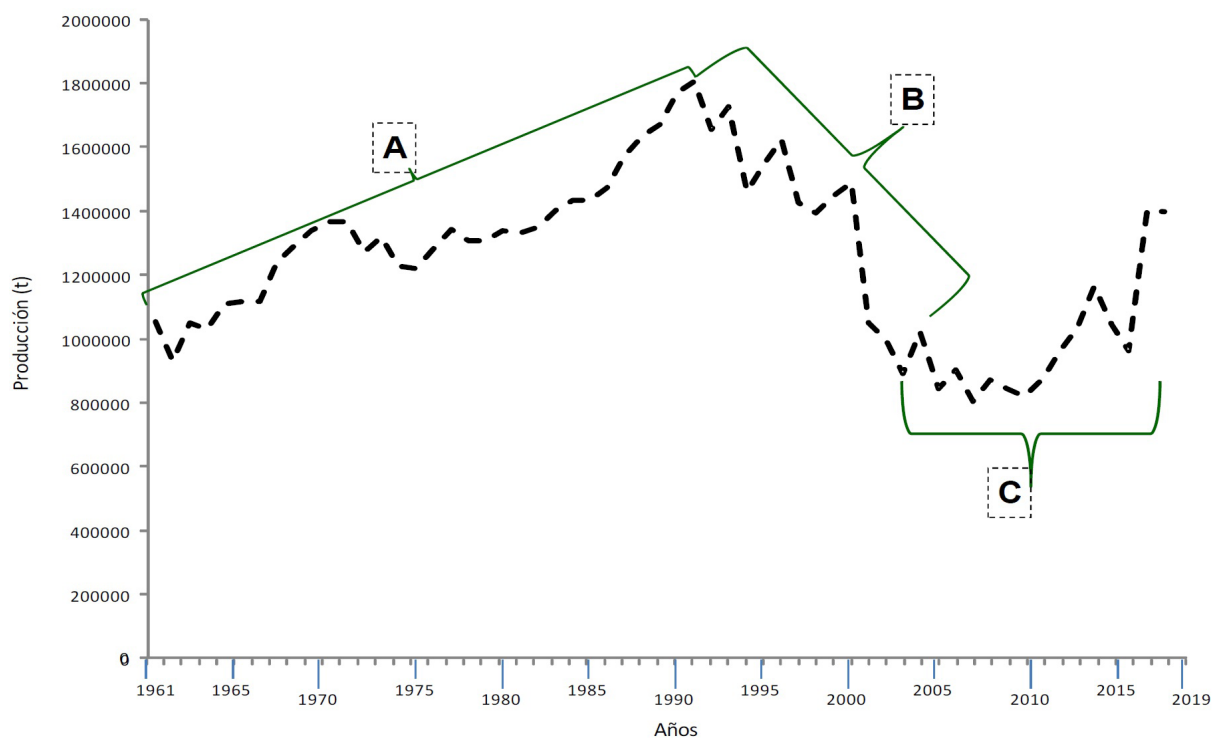


Figura 3. Producción de musáceas en Venezuela entre los años 1961 y 2019. Fase A desde el año 1961 hasta el año 1992. Fase B desde el año 1993 hasta el año 2004. Fase C desde el año 2005 hasta el año 2019. Fuente FAO 2021

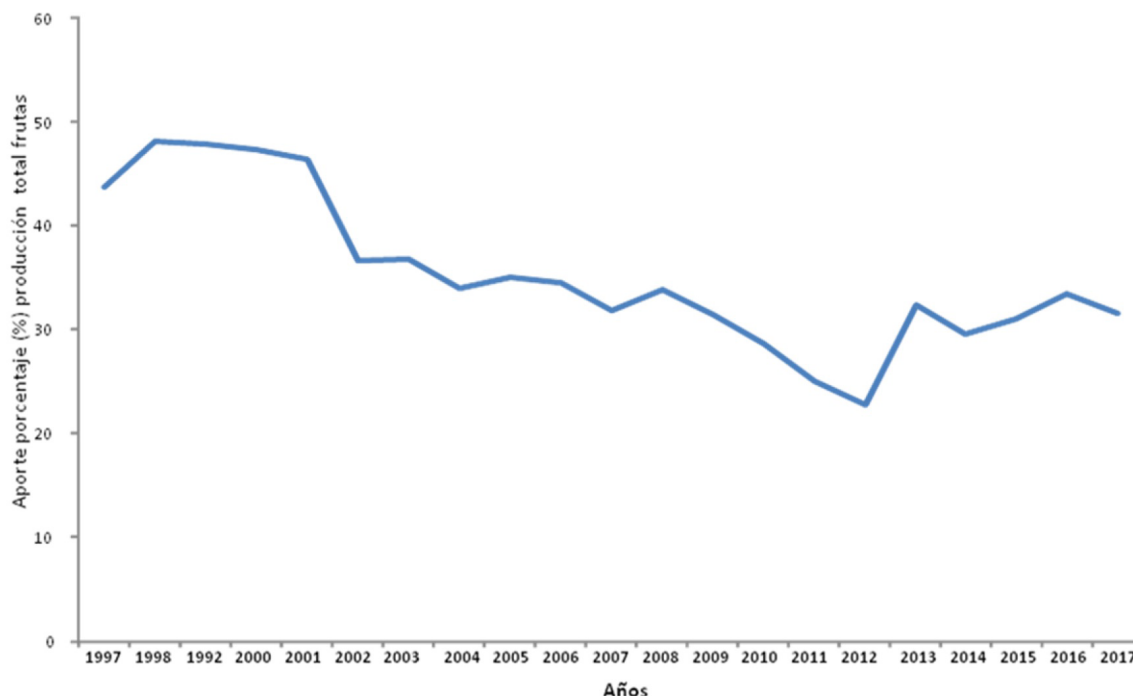


Figura 4. Comportamiento para cada año del aporte de las musáceas en el volumen total de frutas producidas en el país expresado en porcentaje entre 1997 y 2017. FEDEAGRO 2021.

De acuerdo a Martínez *et al.* (2008), los sistemas tradicionales de producción de las musáceas se han caracterizado por utilizar bajas densidades de siembra, con aplicación deficiente de prácticas agrícolas, y manejados como cultivos perennes. Se considera el cultivo del plátano como el más afectado debido a la baja tecnología y baja inversión, lo cual podría explicar el comportamiento de las curvas de la superficie de siembra y producción en el periodo histórico analizado. De igual manera, se involucran elementos relacionados con los consumidores que pueden definir los mercados, y otros de orden económico que impactan indirectamente en la producción, señalados por diversos autores (Abarca y Bernabé 2010, Cuevas 2016, Gutiérrez 2020).

Zonas de producción

1. Tradicionales

Abreu *et al.* (2007) y Nava (1997) coinciden en señalar que el cultivo de plátano se encontraba en casi todo el país, aunque las zonas productoras más importantes se han concentrado en el occidente, en los estados Zulia, Mérida, Trujillo y Barinas. De igual

manera, otros autores indican que además ha sido encontrado en los estados Yaracuy, zona alta de Apure, Miranda, Monagas, Bolívar, Delta Amacuro y Amazonas (Delgado y Paiva 2001, Martínez *et al.* 2008, Martínez *et al.* 2009, Alemán 2012, Terán 2017), los cuales han presentado marcadas diferencias con los ubicados en el occidente. En la actualidad, de acuerdo a la información recabada entre los productores a nivel nacional, se mantiene esta tendencia.

Con relación al cultivo del banano, Martínez *et al.* (2008) afirman para el año 2008 que aun cuando presentaba amplia distribución en el territorio nacional, las zonas de importancia también se corresponden con los estados señalados para el cultivo del plátano, incluyendo los estados Carabobo y Aragua, lo cual se mantiene en los actuales momentos, según la información recabada.

Durante el recorrido realizado se evidenció que las musáceas se encuentran en distintas condiciones agroecológicas, insertadas en variados sistemas de producción, desde formas básicas como conucos hasta los más sofisticados con empleo de tecnologías de vanguardia. Se observó mayor desarrollo

en los sistemas de producción instalados para el cultivo de banano, lo cual puede guardar relación directa con la presencia de empresas trasnacionales durante muchos años; a diferencia de lo observado en el cultivo de plátano, que ha estado insertado en sistemas de producción tradicionales durante mucho tiempo, coincidiendo con lo señalado por Martínez *et al.* (2009).

De igual manera, se debe destacar la relación de la altitud, temperatura, precipitación media anual y contenido de arcilla de los suelos, que definen las condiciones agroecológicas existentes en las zonas donde se concentran las explotaciones de estos cultivos (Martínez *et al.* 2020a). En la Figura 5 se indican dichas zonas.

A. Zona Occidental (sur del Lago de Maracaibo, Táchira y eje Trujillo-Zulia): el sur del Lago de Maracaibo es la de mayor significación, y esta integrada por parte de los estados Mérida, Táchira y Zulia. En ese espacio agrícola, según Zambrano (2011), el cultivo del plátano logró sus mayores índices de producción y rendimiento en las décadas de los años 60 y 70, considerándose que el área ocupada por este cultivo, elemento de importancia. Al ser comparado con los datos actuales de superficie y producción se observa pocos cambios significativos a través de los años, guardando estrecha relación con su tradicional localización espacial, representando entre 60 y 80 % de la producción promedio nacional.

En esta zona se pueden encontrar áreas muy planas y bajas, con precipitación abundante que pueden

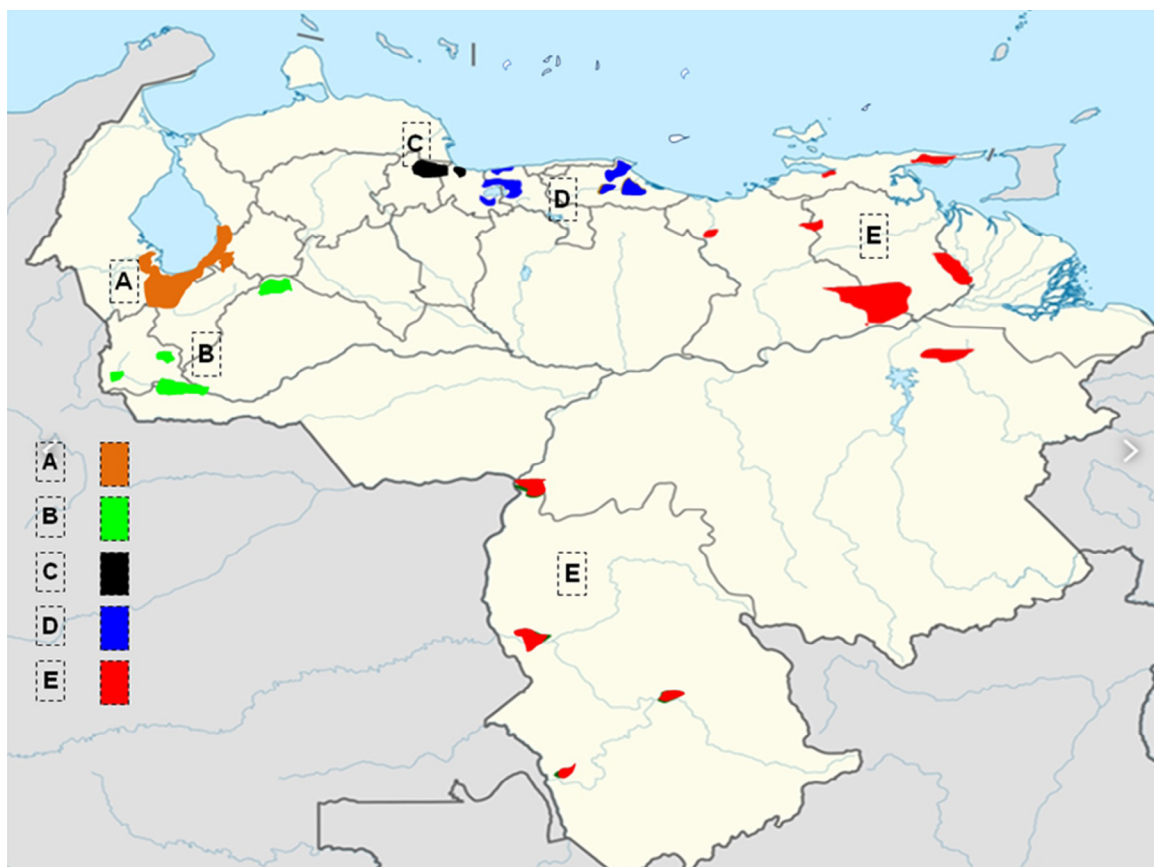


Figura 5. Ubicación referencial de áreas tradicionales de producción: A) zona occidental (sur del lago de Maracaibo, Táchira y eje Trujillo-Zulia); B) zona sur occidental (eje Táchira - Barinas - Alto Apure); C) zona centro occidental (noreste del estado Yaracuy – norte del estado Carabobo); D) zona central: eje bananero y área norte de Aragua. Áreas del estado Carabobo, áreas del estado Miranda; E) zona oriental: áreas de los estados Anzoátegui, Sucre, Monagas, Delta Amacuro y Bolívar; y áreas del estado Amazonas.

oscilar entre 1.400 a 2.000 mm, concentradas entre ocho a nueve meses húmedos (>75 mm / mes), y contenido de arcilla superior a 30 %, que condiciona mal drenaje, anegamiento y alta humedad relativa (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

El cultivo de plátano presenta mayor importancia hacia el sur del estado Zulia, con mayor concentración en los municipios Francisco Javier Pulgar y Colón. Mientras que, hacia los municipios Sucre y Catatumbo disminuye la superficie y distribución espacial, aun cuando puede ser encontrado de manera dispersa en todo el estado. Algunos sectores han sido sustituidos por el banano, debido al menor porcentaje de plantas caídas por efecto del viento, y relativo incremento del rendimiento de frutas por ciclos de corte, según la información aportada por productores del sitio.

En el estado Mérida se puede encontrar en mayor concentración en el municipio Alberto Adriani, disminuyendo en los municipios Obispo Ramos de Lora y Caracciolo Parra Olmedo, y con muy poca participación en los municipios Tulio Febres Cordero y Julio César Salas; todos ubicados a lo largo de la carretera panamericana que une las poblaciones de Sabana de Mendoza (estado Trujillo) y El Vigía (estado Mérida). Mientras que, en el estado Táchira, las áreas de mayor producción se encuentran en los municipios Samuel Darío Maldonado y Panamericano, donde se observaron cultivos de plátano y banano.

En el resto de las áreas de la zona se pueden localizar mayor predominio de medianos y pequeños productores que operan en el sistema tradicional, con bajas poblaciones, poca renovación, o en menor escala, uso de asociaciones de cultivos o conucos, pudiéndose encontrar plantas de musáceas como cultivo traspatio.

Además de la zona Sur del Lago, otras áreas presentan cierta contribución a la producción de musáceas. En el estado Táchira, en los municipios San Judas Tadeo y Ayacucho, se encuentran plantaciones de plátano y banano en menor proporción que el área anterior. Mientras que en el eje Trujillo-Zulia, que involucra los municipios La Ceiba y Bolívar del estado Trujillo, se ubican las mayores concentraciones del cultivo de banano subgrupo Cavendish (Pineo Gigante, Williams) de manera tecnificada, con mayor importancia en

esta zona, y en menor porcentaje plátano. Una menor cantidad de superficie dispersa, también pueden ser encontrados en el municipio Sucre del estado Trujillo, al igual que en el municipio Baralt del estado Zulia, colindante con los municipios del estado Trujillo, señalados anteriormente.

El eje Trujillo-Zulia abarca una planicie aluvial (Río Motatán) con altitud entre 0 y 50 m.s.n.m., con temperaturas promedio entre 24 y 27 °C y precipitación entre 1.000 y 1.200 mm, con 6 meses húmedos y dos picos de precipitación (abril-mayo y octubre). La humedad relativa es alta y los suelos son de texturas medias a pesadas, con drenaje limitado y fertilidad natural media (Mejías 2005, Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019).

En todos los sectores que componen la zona occidental, se pueden encontrar algunas siembras de topocho (Bluggoe) en lotes muy reducidos, caracterizados por fuertes limitaciones de suelo y agua, que afectarían los cultivos de plátano y banano. Los mismos son aprovechados para el sustento familiar y, en algunas ocasiones, como suministro del mercado local y/o nacional, de acuerdo a información suministrada por los productores del sitio.

Se estima que esta zona en general puede aportar entre 60 y 80 % de la producción promedio nacional, de los cuales el 70 % corresponde a plátano y 65 % de banano, coincidiendo con Zambrano (2011) y Terán (2017).

B. Zona sur occidental (eje Táchira - Barinas - Alto Apure): en ella, el cultivo de plátano es de mayor importancia, manteniéndose en áreas tradicionales como los sectores El Nula, Guasualito, La Victoria, La Capilla, Santa Rosa y Santa Rita, pertenecientes al municipio Páez en el Alto Apure; al igual que en los municipios Barinas, Antonio José de Sucre, Obispo, Pedraza del estado Barinas, y por último en el sector El Piñal, municipio Fernández Feo y algunos sectores del municipio Libertador en el estado Táchira, extendiéndose a nuevas áreas dentro de este eje. Se observa que el cultivo de topocho se concentra en las áreas bajas, con alto consumo hacia las áreas llaneras entre los estados Barinas y Apure.

Estos sectores se encuentran entre 100 y 200 m.s.n.m. para el caso de Barinas y el Alto Apure, y entre 200 y 400 m.s.n.m. para el caso de Táchira. La precipitación

media anual está entre 1.700 y 2.000 mm, incrementándose hacia las zonas más altas (Táchira), con 6 a 8 meses húmedos. Las temperaturas medias anuales están entre 24 °C en la zona de Táchira y alrededor de 28 °C en Barinas y Alto Apure. Los suelos tienen textura franca a franco limosa, son moderadamente bien drenados (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

Se pueden localizar asociaciones de las musáceas (plátano o banano) con el cultivo de café, en algunos sectores de los municipios Junín, Córdoba y Uribante, y en sistemas con cultivo de cacao en el municipio Fernández Feo, todos pertenecientes al estado Táchira. Mientras que, en los municipios Pedraza, Andrés Eloy Blanco y Barinas del estado Barinas y algunos sectores en el municipio Páez del estado Apure, se pueden encontrar como sombra temporal del cultivo de cacao. Igualmente se pueden encontrar algunos sectores con topocho. Se evidencia menor cantidad de asociaciones de productores definidas, con respecto al sur del lago de Maracaibo.

C. Zona centro occidental (noreste del estado Yaracuy – norte del estado Carabobo): la región noreste del estado Yaracuy (municipios Veroes y San Felipe), es considerada como área de producción de plátano por tradición, al presentar las mayores concentraciones de productores, pudiendo existir otros sectores no menos importantes en los municipios Manuel Monge, Cocorote y Sucre. La ubicación casi continua de los mismos podría definir un eje de producción que se enlaza con otros sectores como Urama y Guaremal, pertenecientes al municipio Juan José Mora del estado Carabobo.

No muy distante, se pueden hallar otras plantaciones de plátano en el sector Patanemo perteneciente al municipio Puerto Cabello del estado Carabobo (Figura 5). En esta zona de la costa, de manera incipiente y muy dispersa, se logran encontrar pequeños sistemas de producción en asociación con otros cultivos, como cacao, e igualmente sectores con plantas dispersas de topocho y otros clones como Cambur “Manzano” (Silk) y “Titiaro” (Sucrier). Se evidenciaron pocas asociaciones de productores.

La zona centro occidental se ubica entre los 50 y 250 m.s.n.m., con precipitación media anual entre 900 y 1.300 mm, con 5 a 6 meses húmedos; las

temperaturas media anual están entre 24 y 26 °C. Los suelos son de texturas medias a pesadas con problemas de drenaje en forma localizada (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

D. Zona central (estado Carabobo - estado Aragua – estado Miranda): el banano subgrupo Cavendish se presenta como el principal cultivo en los municipios Guacara, San Joaquín y Carlos Arvelo del estado Carabobo. Mientras que en el estado Aragua, el eje de producción de esta fruta se ubica de manera casi continua en los municipios Mariño, Libertador, Lamas, Sucre y Bolívar, aun cuando pueden encontrarse en menor escala en otros municipios. Se pudo evidenciar la presencia de asociaciones de productores consolidadas.

En la zona central, la altitud va desde menos de 100 m.s.n.m. (norte de Aragua y Miranda) hasta 400 a 550 m.s.n.m. en el eje Aragua - Carabobo y sur de Carabobo; la precipitación varía entre 900 y 1.300 mm, con 5 a 6 meses húmedos, temperaturas entre 24 y 26 °C. Los suelos presentan, por lo general, texturas medias, con presencia de altas cantidades de carbonato de calcio en las zonas aledañas al lago de Valencia (suelos lacustrinos). El drenaje es, por lo general, de bueno a moderado (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

El cultivo del plátano se puede ubicar en la zona norte de estado Aragua, específicamente en sectores aledaños a las costas, municipios Costa de Oro y Mariño; y, en el estado Miranda, en sectores de los municipios Páez, Andrés Bello, Brión y Acevedo. Se puede encontrar en asocio con cacao, y en menor grado como monocultivo.

E. Zona sur oriental (estados: Bolívar, Monagas, Sucre, Delta Amacuro y Amazonas): esta zona contribuye con bajo porcentaje en la producción de musáceas, encontrándose áreas pequeñas, disgregadas y localizadas, con dominio particular del plátano Hartón.

El estado Amazonas ha presentado baja participación en el volumen total producido debido a la fragilidad del ecosistema y presencia de suelos de baja calidad, que restringen su manejo, siendo lo más viable su explotación en la modalidad de conucos. Por su cercanía a las poblaciones colombianas como Casuarito y Puerto Carreño, donde existe constante

intercambio comercial o flujo constante de personas, existe alto riesgo de introducción de material vegetal con plagas inexistentes en Venezuela. Sin embargo, las principales concentraciones del cultivo de plátano se pueden encontrar en sectores cercanos a su capital Puerto Ayacucho (municipio Atures), San Fernando de Atabapo (municipio Atabapo), San Juan de Manapiare (municipio Manapiare), San Carlos de Río Negro (municipio Río Negro) y La Esmeralda (municipio Alto Orinoco).

Estas zonas se encuentran en una altitud entre 100 y 300 m.s.n.m., con una precipitación anual que sobrepasa los 2.000 mm y más de 8 meses húmedos. Las temperaturas anuales por encima de los 26 °C. Los suelos son de texturas francas a livianas, evolucionados, que en combinación con las altas precipitaciones provocan su desaturación, presentando bajos contenidos de nutrimentos y acidez (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

En el estado Bolívar se pueden encontrar pequeñas áreas moderadamente concentradas en el sector el Palmar, municipio Padre Pedro Chien, y en las cercanías a las poblaciones de San Félix, municipio Caroní, Upata y El Pao, ambas en el municipio Piar. Estas zonas se ubican entre 300 a 500 m.s.n.m., con precipitación media anual entre 1.300 y 1.400 mm, con seis a siete meses húmedos y temperaturas entre 24 y 26 °C. Los suelos son de textura franca, de buen drenaje, con bajos niveles de nutrimentos y problemas de acidez (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

En el estado Monagas se pueden encontrar lotes dispersos con plantaciones para el sustento familiar, tales como en los sectores de Caripe (municipio Caripe) utilizado como sombra para pequeñas siembra de café y en Caripito (municipio Bolívar). No obstante, de acuerdo con el Ing. Dimas Angel, residente y productor del estado Delta Amacuro, la existencia de plantaciones consolidadas hacia los poblados de Barranca (municipio Sotillo), Temblador (municipio Libertador) e Isla Guara (municipio Urocoa), pertenecientes al estado Monagas en conjunto con las plantaciones del estado Delta Amacuro, podrían formar el eje Monagas-Delta Amacuro. Este eje se ubica a una altitud menor de los 100 m.s.n.m., con precipitación media anual entre 1.200 y 1.700 mm, con seis a siete meses húmedos

y temperaturas medias sobre los 25 °C. Suelos de texturas medias, bien drenados y de baja fertilidad en Monagas, y recientes, fértiles y con problemas de drenaje hacia la zona del delta (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

En el estado Delta Amacuro, de acuerdo a la Ing. Milagros Domínguez (Instituto Nacional de Sanidad Agrícola Integral, oficina Delta Amacuro), e información suministrada por la oficina regional del MPPAPT Delta Amacuro, se pueden encontrar plantaciones concentradas de plátano, principalmente en los municipios Tucupita y Casacoima, donde destacan los sectores Manoa, El Torito, Mamural II, Cerro de Sacupana, Los Mangos, 4 de Febrero, Isla Jeburina, Araguaito, entre otros, al igual que plantaciones discontinuas de topocho.

En el estado Sucre, con base a la información recabada en la zona entre productores y personas vinculadas a la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), las musáceas se encuentra muy dispersas, pudiéndose encontrar algunas áreas pequeñas en las poblaciones de Cariaco, Cajigal, Irapa y Guiría, pertenecientes a los municipios Ribero, Cajigal, Mariño y Valdez, respectivamente. En el sector de Río Caribe se pueden encontrar algunas plantaciones de cambur manzano. La mayor concentración de banano Cavendish se ubica en sectores ubicados en los municipios Andrés Eloy Blanco, Montes, Ribero y Sucre, y otras áreas en los municipios Andrés Mata y Arismendi, distribuidas en pequeños lotes y conucos. No se observaron asociaciones de productores consolidadas o definidas, solo grupos incipientes, con rasgos iniciales de organización.

Estas zonas se encuentran por debajo de los 10 m.s.n.m., con precipitaciones entre 1.100 y 1.300 mm, con 6 a 7 meses húmedos, temperaturas medias por encima de los 25 °C. Los suelos son de texturas medias a pesadas con drenaje moderado y mediana fertilidad (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

2. Nuevas zonas de siembra o áreas tradicionales en expansión

2.1. Zona eje Portuguesa-Cojedes: aun cuando el cultivo de plátano se ha encontrado disperso durante varias décadas en estos estados, en los últimos años se observa incremento en la superficie sembrada, como monocultivo con tendencia a la expansión. En

el estado Portuguesa, se evidencian nuevas áreas sembradas en diversos sectores como San Nicolás, Ospino, Papelón, Payara, entre otros, involucrando los municipios Guanare, Guanarito y San Genaro.

En el estado Cojedes, se observa que el cultivo de banano se expande en mayor proporción en los municipios Tinaco y Falcón, mientras que el cultivo de plátano se encuentra con mayor grado de dispersión. Esta zona se encuentra entre 100 y 300 m.s.n.m., con precipitaciones medias anuales entre 1.400 y 1.600 mm y 7 meses húmedos. Las temperaturas medias están entre 25 y 27 °C. Los suelos son de texturas medias a pesadas, con drenaje moderado a imperfecto y buenos niveles de fertilidad (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

2.2. Zona alta (eje Portuguesa-Trujillo. Áreas aledañas al sector Monte Carmelo, estado Trujillo): en el eje del estado Portuguesa (franja noroeste) y Trujillo (franja sureste) se distinguen dos áreas definidas: 1) área en la parte media-alta del estado Portuguesa, sentido noroeste entre las poblaciones de Guanare y Biscucuy, entre 400 y 600 m.s.n.m. En esta franja se involucran sectores adyacentes a las poblaciones Chabasquen y Biscucuy, tradicionalmente se cultiva el plátano “Hartón gigante”; 2) áreas en la franja que abarca sectores Campo Elías y El Batatal correspondiente al sureste del estado Trujillo (áreas con altitud mayor a 700 m.s.n.m.), se observa mayor actividad agrícola, con tendencia a la expansión del cultivo de banano Cavendish (tradicional en la zona y adaptado a estas condiciones agroecológicas), que conlleva a acelerar su proceso productivo e incrementar su importancia para la región, en términos económicos.

En estas zonas las musáceas se cultivan en pendientes por encima del 30-40 %. Con temperaturas medias entre 18 y 22 °C y precipitaciones por encima de los 1.500 mm y 7 a 8 meses húmedos. Los suelos son recientes, de poca profundidad, con texturas medias a pesadas y de fertilidad moderada a baja. El drenaje es bueno, debido a las fuertes pendientes (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

Otra región de interés, se ubica en áreas aledañas a Monte Carmelo, estado Trujillo (colindante con el estado Zulia y Mérida), con altitud superior a los 700 m.s.n.m., se encuentra una zona en expansión,

donde el banano Cavendish, se ubica entre los cultivos de importancia para la región, al igual que las hortalizas. Pudiendo encontrarse en menor escala, los cultivares Gross Michel (consumo local).

2.3. Zona La Azulita, estado Mérida, y eje Caja Seca-Tucani-El Pinar- (Mérida-Zulia): la Azulita, por su ubicación geográfica podría ser considerada un área casi aislada de las demás zonas productoras. Por cuanto, los cultivos de las musáceas han estado presentes en muy baja escala (conuco o traspatio, con fines de auto sustento), actualmente puede ser definida como pionera en la explotación del cultivo de banano orgánico (subgrupo Cavendish), conducida por empresa privada. En zonas adyacentes se pueden encontrar algunas plantas de plátano Hartón, Cambur Manzano y Titiaro, pero de manera muy aislada.

La Azulita se encuentra a una altitud alrededor de los 1100 msnm, con pendientes entre 15 y 40 %. La precipitación media anual esta alrededor de los 1000 mm con 5 a 6 meses húmedos y las temperaturas medias entre 18 y 20 °C. Los suelos son los típicos evolucionados de montaña, con texturas medias a pesadas, de profundidad intermedia y fertilidad moderada a baja. El drenaje es bueno, debido a las pendientes (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

En el eje Caja Seca-Tucani-El Pinar-Santa Elena de Arenales, aun cuando ha sido zona tradicional en los cultivos de banano y plátano con alta dispersión de los mismos, en los últimos años, se ha observado leve incremento en el interés de retomar la explotación de estos cultivos de manera más organizada. La mayor disposición se encuentra en asociación con el cacao. Sin embargo, es posible encontrar siembras de plátano como monocultivo. Esta zona se encuentra a una altitud entre 100 y 200 m.s.n.m., con precipitaciones medias anuales 1.200 y 1.400 mm con 6 a 8 meses húmedos y temperaturas medias entre 26 a 27 °C. Los suelos son de texturas medias a pesadas, recientes, con fertilidad moderada a alta. Localmente, se presentan problemas por drenaje deficiente (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA. 2020).

2.4. Zona del estado Bolívar (eje La Paragua-San Francisco- El Cristo, y áreas de Santa Elena de Uiaen): históricamente, el eje conformado por los sectores La Paragua-San Francisco- El Cristo, ha sido catalogado como un cinturón del cultivo de maíz. Sin

embargo, en los últimos 20 años, se ha notado incremento en la superficie sembrada de plátano Hartón Gigante, que podría definirse como competitivo ante este cereal. Situación similar se presenta en áreas adyacentes a la población de El Pao.

En la actualidad no existen asociaciones de productores consolidadas (solo grupos, con rasgos incipientes de organización), pudiendo destacar la zona de la Paragua, sector Curichapo. Esta zona se encuentra alrededor de 300 msnm con precipitaciones de 1.400 a 1.600 mm anuales con 6 a 8 meses húmedos. Las temperaturas medias anuales están entre 26 y 27 °C. Los suelos son evolucionados, con texturas livianas (menos de 25 % de arcilla) y fertilidad moderada a baja. Son suelos moderadamente bien drenados (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

Hacia la zona sur, en Santa Elena de Uairen, se reportan en la actualidad, algunos sectores sembrados de plátano, con tendencia a disminuir, debido a la falta de insumos y mano de obra. Esta última, producto de la actividad de minería, emergente y proceso migratorio hacia Brasil, en los últimos años (información recabada en la zona entre productores y personas vinculadas a la Corporación Venezolana de Guayana, CVG). Otros clones pueden ser encontrados, pero en baja proporción como Cambur Manzano, Titiaro, Topocho Criollo, Topocho Pelipita, Topocho Torna sol, Topocho Cenizo.

Esta zona se encuentra a más de 900 m.s.n.m., con precipitaciones de 2.500 a 3.000 mm anuales y 8 a 9 meses húmedos. Las temperaturas medias están entre 22 a 23 °C. Los suelos son de texturas medias a pesadas, baja fertilidad y drenaje moderado a imperfecto (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

2.5. Zonas aledañas de Anzoátegui, Guárico y Apure: se observa tendencia a la siembra del cultivo de Topocho por la preferencia y costumbre. No obstante en los últimos 20 años, se observa crecimiento notable en la superficie sembrada de plátano Hartón, pudiéndose indicar casos específicos como en Guardatinaja, San José de Tiznado, Tucupido, San José de Guanipa, entre otras. Esta expansión de las musáceas se realiza para reforzar la actividad agrícola y económica, además de suplir el consumo local, que está en ascenso.

Estas zonas se encuentran por debajo de 100 msnm, son planas en la zona de Apure y onduladas en las zonas de Guárico-Anzoátegui. La precipitación varía entre 800 y 1.000 mm con 5 a 6 meses húmedos. Las temperaturas están entre 27 y 28 °C. Los suelos presentan texturas medias (Apure) a pesadas (Guárico-Anzoátegui). En Apure los suelos son imperfectamente drenados; en el caso de la zona Guárico-Anzoátegui se presentan pendientes entre 3 y 16 %, con suelos de moderado a bien drenados. En ambas zonas la fertilidad es baja a moderada (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

2.6.- Zona Estado Vargas: Se observa expansión del cultivo de plátano hacia el sector de Todasana (7 msnm) y áreas colindantes. Se encuentra por debajo de 100 m.s.n.m. con precipitación anual de 1.200 mm, seis meses húmedos, temperaturas medias de 26 a 27 °C y suelos de texturas medias a pesadas con drenaje imperfecto (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020). Mientras que en zonas altas hacia el sector de Carayaca, se observa banano de altura en condición de expansión (información suministrada por oficina regional del MPPAPT). En este sector se indican precipitaciones anuales de 900 mm, seis meses húmedos, temperaturas por debajo de los 24 °C y suelos de texturas medias y bien drenados (Elizalde *et al.* 2007, Camarillo-Naranjo *et al.* 2019, NASA 2020).

Implicaciones económicas: el comportamiento de la producción de los cultivos a través del tiempo, depende de varios elementos relacionados con la población de consumidores (entorno económico y social, capacidad adquisitiva, gustos y preferencias, tradición, entre otras), que pueden definir la demanda del mercado. Pudiendo existir otros elementos asociados de carácter político-económico.

Laurentin (2015) afirma, en términos generales, que la actividad agrícola ha tenido tendencia al incremento de la superficie cosechada y producción desde el año 1950 (no siendo constante entre los años). Señala además, que en los últimos 20 años, esta producción ha tenido aumento ligeramente inferior al incremento en la población (2,50 % anual para la producción y 2,80 % anual para la población) y superior al crecimiento de la superficie sembrada

(tasa promedio alrededor del 0,95 % anual), que puede ser atribuido al incremento en los rendimientos de los cultivos.

No obstante, Briceño (2018) indica que el Sistema Agroalimentario Venezolano atraviesa una severa crisis con manifestaciones negativas contundentes en todos sus componentes, producto de la imposición de un modelo político-económico, difícil de caracterizar, e identifica el problema central de la agricultura venezolana como una “Caída sostenida de la producción”, la cual es aún más pronunciada que la registrada por el BCV y el MPPAPT.

Entre las principales causas de esta caída se pueden indicar: 1. Intervención de la propiedad agraria. 2. Caída de los precios a nivel del productor. 3. Competencia de las importaciones. 4. Limitados recursos de la banca pública y privada para financiar la actividad agrícola. 5. Incremento de la inseguridad. 6. Dispersión de la Inversión pública. 7. Brecha entre oferta y demanda tecnológica. 8. Obsolescencia de Maquinaria y equipos. 9. Desequilibrios Climáticos. 10. Fallas de abastecimiento de fertilizantes, agroquímicos, repuestos, lubricantes, combustibles, cauchos y otros insumos. 11. Compleja red de instituciones sectoriales. 12. Intervención de la comercialización agrícola (Briceño 2018).

De acuerdo con Cuevas (2016), entre el año 2000 y 2012, la reducción del área sembrada de plátano y, consecuentemente, sus valores de producción pueden atribuirse a las condiciones macroeconómicas experimentadas, donde destaca el incremento de los ingresos petroleros. Gutiérrez (2020) indica que para el año 2001, el precio del petróleo era de 18,95 \$/barril, llegando a un precio récord de 103,42 \$/barril en 2012, con ingresos estimados de 97,9 MM de dólares y con importaciones de 66 MM de dólares para el último año. Esta situación permitió el acceso a productos y servicios, a tasa de cambios sobrevaluados, reduciendo y desestimulando la demanda de la producción nacional.

Abarca y Bernabé (2010) señalan que para el año 2010 la alta dependencia de las importaciones en el suministro de alimentos a la población venezolana se había acentuado debido al crecimiento de la economía. No obstante, la contribución del sector

agrícola era baja y no lograba cubrir el aumento del consumo (BCV 2008).

A partir del año 2013, el incremento sostenido de la producción y superficie de las musáceas, podría estar asociado a la reducción de los ingresos petroleros y la continua recesión económica en el país; que genera incremento de la tasa de inflación (68,5 %); incremento del tipo de cambio que impacta en la sobrevaluación de la moneda nacional, que conlleva a reducción de importaciones, y pérdida de la capacidad adquisitiva de la población. Tal situación se ha mantenido por siete años consecutivos, incluyendo el año 2021, con sensibles reducciones de la tasa de exportación (estimada en 90 % menos), además de la reducción de las importaciones y deterioro general del nivel y calidad de vida (UCAB 2020).

Entre los años 2014 y 2020 se evidencia la pérdida de la producción de bienes y servicio en el país expresados en marcados niveles de recesión. El producto interno bruto presentó valores negativos para el 2019 y 2020, lo que significó caída de la economía y pérdida del poder adquisitivo del venezolano. Esto parece explicar cómo la demanda, se orienta hacia los productos y alimentos de origen nacional, de consumo básico y de fácil acceso, donde las musáceas se presentan como primera opción económica, junto al maíz y arroz.

Esta condición estimula la siembra de nuevas áreas de musáceas, como respuesta al incremento y concentración de la demanda en el mercado, dada la poca presencia de frutas importadas, y a los altos precios de las que ingresan al país (Cuevas 2016, Gutiérrez 2020). Es el resultado de la búsqueda de productos alimentarios locales disponibles, a menores precios relativos, dada la caída de capacidad adquisitiva de la población; disminución de las importaciones de frutas y reducción de la disponibilidad de divisas, que ha acercado al mercado venezolano a la producción nacional.

La recesión agrícola contribuye con la economía y produce una contracción, sostenida, que genera incremento en el déficit de balanza comercial agrícola, y dependencia cada vez más alta de las importaciones para satisfacer el consumo interno, haciéndonos más vulnerables desde el punto de vista alimentario (Briceño 2018).

CONCLUSIONES

La superficie y producción de las musáceas en Venezuela es afectada por: a) manejo de las plantaciones, condicionado por la ausencia o fallas en la adquisición y/o aplicación de insumos; b) comportamiento e impacto del ingreso petrolero (IP) en el mercado nacional, que al aumentar genera incremento de las importaciones, y abundantes frutas importadas a precio accesibles. La consecuencia es que se desplazan los productos nacionales, se desestimula su producción, o bien al bajar el IP (situación actual) se genera inflación, recesión económica, y bajo poder adquisitivo, con reducción de importaciones, y frutas importadas a precios inaccesibles, estimulando la producción agrícola nacional, donde las musáceas han representado una alternativa para sustituir algunos alimentos por su precio competitivo.

Las zonas tradicionales de producción son definidas por sus condiciones agroecológicas, las cuales son redefinidas por la ampliación de las fronteras agrícolas. Destacaron el sur del Lago de Maracaibo con adyacencia del estado Trujillo, y el eje Barinas-Alto Apure, como las de mayor contribución para la producción nacional. La producción de musáceas está condicionada por el comportamiento del ingreso petrolero, que puede estimular la conformación de nuevas áreas y zonas en expansión. Es necesario disponer de información por parte de organismos oficiales, en lo referente a su ubicación, superficie e índices de producción, a los fines de reorientar planes y proyectos nacionales, que permitan establecer estrategias en pro de los productores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Ingenieros Ángel Dimas (Universidad Territorial Deltaica Francisco Tamayo y productor) y Milagros Domínguez (INSAI Delta Amacuro); al personal de las oficinas regionales del INSAI, INIA, MPPAPT, INTI. Así como a las Asociaciones y productores de cada lugar visitado, por su valioso apoyo logístico y aporte para realizar este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Abarca, O; Bernabé, M. 2010. Proyección de la demanda de tierras agrícolas en Venezuela, a partir del análisis de las necesidades alimentarias al año 2020 (en línea). *Agronomía Tropical* 60(1):5-22. Consultado 30 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3wpPx4T>
- Abreu, E; Gutiérrez, A; Quintero, M; Molina, L; Anido, J; Ablan, E; Cartay, R; Mercado, C. 2007. El Cultivo del plátano en Venezuela. Desde el Campo Hasta la Mesa (en línea). Fundación Polar. Consultado 13 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3wjpMmF>
- Alemán, S. 2012. Estudio de la composición físico-química, propiedades funcionales y nutricionales de almidones nativos y modificados extraídos de clones diferentes de musáceas (en línea). Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 256 p. Consultado 20 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3zn3mDa>.
- BCV (Banco Central de Venezuela). 2008. Informe Económico 2007 (en línea). Caracas: Venezuela. BCV. 340 p. Consultado 13 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3gmK8WR>.
- Briceño, G. 2018. La situación agrícola de Venezuela, una aproximación al problema y líneas de acción para resolverlo en el corto plazo (en línea). Consultado 15 jun. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3ww05j0>.
- Camarillo-Naranjo, JM; Álvarez-Francoso, JI; Limones-Rodríguez, N; Pita-López, MF; Aguilar-Alba, M. 2019. The Global Climate Monitor System: From Climate Data-Handling to Knowledge Dissemination (en línea). *International Journal of Digital Earth*, 12(4), 394-414. Consultado 20 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3h2ZzSO>
- Crawford, A; Kueffner, S. 2020. Disease Is Ravaging the \$25 Billion Banana Industry. Bloomberg (en línea). Consultado 23 ene. 2021. Disponible en <https://bloom.bg/3viPXJ4>
- Cuevas, O. 2016. Estudio de los Subsistemas Producción y Consumo de las Cadenas Agroalimentarias de Plátano, Pina y Lechosa, en la República Bolivariana de Venezuela. Periodo

- 1980-2010. Tesis pregrado. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 73 p.
- Daniells, J; Jenny, C; Karamura, D; Tomekpe, K. 2001. Musalogue: a catalogue of *Musa* germplasm (en línea). In Arnaud, E; Sharrock, S (comps). Diversity in the genus *Musa*. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, Francia. 207 p. Consultado 23 nov. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3gxAzD8>
- Delgado, E; Paiva, R. 2001. Estudio del efecto de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) sobre la sostenibilidad de la producción de musáceas en Barinas, Venezuela (en línea). Revista Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia (LUZ). 18: 277-289. Consultado 23 nov. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3wiY3m9>
- Elizalde, G; Vilorio, J; Rosales, A. 2007. Geografía de Suelos de Venezuela. GeoVenezuela (en línea). Tomo 2. Capítulo 15. Medio físico y recursos ambientales. Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela. p. 402-537. Consultado 23 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3wnFAVQ>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2017. Guía metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera (en línea). Publicado por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma y San José. 140 p. Consultado 17 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3vgtPij>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2021. FAOSTAT Base datos: Superficie, producción y exportación de banano y plátano (en línea). Consultado 8 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/39W5vdp>
- FEDEAGRO (Confederación Asociaciones de productores agropecuarios de Venezuela). Data estadísticas de producción agrícola de Venezuela (en línea). Consultado 30 ene. 2021. Disponible en <http://bit.ly/2TBAAFB>
- Gutiérrez, A. 2020. Venezuela: Balance económico 2020 y perspectivas 2021 (en línea). Consultado 30 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/2YaqbM3>
- Haddad, O; Borges, O. 1974. Los Bananos en Venezuela. CONICIT. MAC-CENIAP. UCV-FAGRO. Impresos Matheus. Caracas. Venezuela. 106 p.
- IPGRI-INIBAP/CIRAD (International Plant Genetic Resources Institute, Italia - Red Internacional para el mejoramiento del plátano y Banano, Francia / (Centre de cooperation internationale en recherche agronomique pour le developpement, Francia), 1996. Descriptores para el banano (*Musa* spp.) (en línea). 62 p. Consultado 5 mar. 2021. Disponible en <https://bit.ly/37QbC2Q>
- Laurentin, H. 2015. Desempeño de la agricultura venezolana en el contexto de la soberanía alimentaria nacional. Agroalimentaria 21(40):97-114. Consultado 23 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3gxe8iB>
- Martínez, G; Delgado, E; Rodríguez, D; Hernández, J; Del Valle, R. 2008. Breve análisis sobre la producción de Musáceas en Venezuela (en línea). Revista Producción Agropecuaria 1(1): 24-29. Consultado 30 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3iyKTh3>
- Martínez, G; Delgado, E; Rey, J; Jiménez, C; Pargas, R; Manzanilla, E. 2009. Producción del plátano en Venezuela y el mercado mundial (en línea). Revista INIA Hoy. 5. Consultado 30 set. 2020. Disponible en <https://bit.ly/35ezgUz>
- Martínez, GE; Rey-Brina, JC; Rodríguez, D; Jiménez, C; Rodríguez, Y; Rumbos, R; Pargas-Pichardo, RE; Manzanilla, E; Martínez, E. 2020a. Análisis de la situación fitopatológica actual de las musáceas comestibles en Venezuela (en línea). Agronomía Tropical 70:1-20. Consultado 25 ago. 2021. Disponible en <https://doi.org/gxx6>
- Martínez, GE; Rey-Brina, JC; Pargas-Pichardo, R; Manzanilla, E. 2020b. Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano (en línea). Revista Agronomía Mesoamericana 31(1):259-276. Consultado 25 ago. 2021. Disponible en <https://bit.ly/37ho3TO>

- Martínez, GE; Rey-Brina, JC; Pargas-Pichardo, RE; Domínguez, M. 2020c. Actualización sobre el manejo de la marchitez por *Fusarium* Raza 4 Tropical en musáceas (en línea). *Agronomía Tropical* 70:1-8. Consultado 3 ene. 2021. Disponible en <https://doi.org/gxxs>
- Mejías, J. 2005. Evaluación integral de la disponibilidad de agua subterránea en la planicie aluvial del río Motatán. Estado Trujillo (en línea). Trabajo Especial Grado Magister Sci. Merida, Venezuela. Universidad de Los Andes. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Vicerrectorado Académico. Consultado 3 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3xhpuNw>.
- NASA (National Aeronautic and Space Administration). 2020. Shuttle Radar Topography Mission (en línea). Consultado 13 dic. 2020. Disponible en <https://go.nasa.gov/3riSfHd>
- Nava, C. 1997. El plátano su cultivo en Venezuela. Ediciones Astra Data. 130 p.
- Staver, C; Lescot T. 2015. La propagación de material de siembra de calidad para mejorar la salud y productividad del cultivo: prácticas clave para las musáceas. Guía ilustrada (en línea). Bioversity International. 56 p. Consultado 30 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3j9KMa1>.
- Terán, F. 2017. Análisis económico del cultivo de plátano (Musa AAB cv. 'Hartón') en Venezuela durante el período 1989-2014 (en línea). Tesis Ingeniero Agrónomo, Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Consultado 11 ene. 2021. Disponible en <http://saber.ucv.ve/handle/123456789/16521?mode=full>
- UCAB (Universidad Católica Andrés Bello). 2020. Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI): Venezuela es el país más pobre de América Latina y el Perfil nutricional se asemeja a países de África (en línea). Consultado 30 abr. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3vnxj2x>
- Zambrano, J. 2011. La formación del espacio en la Zona Sur del Lago de Maracaibo: Una aproximación a su estudio (en línea). *Revista Geográfica Venezolana* 52(1):121-143. Consultado 30 ene. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3wj0Tb3>

Sensibilidad *in vitro* de cinco cepas nativas de *Trichoderma* spp. a diferentes fungicidas

Rómulo García-Velasco* , Gustavo Rojas-Tapia , Grisel Domínguez-Arizmendi ,
Barbarita Companioni-González 

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Tenancingo, Tenancingo, Estado de México, México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. *Correo electrónico: rgarciave@uaemex.mx

RESUMEN

El Estado de México representa el principal productor de ornamentales en México. La producción de estos cultivos se encuentra afectada por la incidencia de fitopatógenos que afectan los rendimientos y la calidad del producto final. En el presente trabajo se determinó la sensibilidad *in vitro* de cinco cepas nativas de *Trichoderma* spp., al ingrediente activo de diferentes fungicidas (Cercobim 70 M°, Promilo 50 PH°, Captan 50 WP®, Interguzan 30-30°, Shogun 500 FW®). Para ello se utilizaron cultivos monospóricos de cinco cepas nativas (SS1-6, SS2-5, TFR3, TA4 y CUT-B). Las cepas antagonistas evaluadas presentaron potencial para su utilización en el manejo integral y sustentable en la floricultura en el Estado de México. *Trichoderma tomentosum* (SS1-6) mostró sensibilidad *in vitro* al benomilo; sin embargo, mostró tolerancia a captan y fluazinam; en las dosis probadas. *Trichoderma barbatum* (SS2-5), *Trichoderma asperellum* (TFR3) y la cepa *Trichoderma harzianum* (TA4) no mostraron sensibilidad *in vitro* en los tratamientos evaluados. Por otra parte, *Trichoderma asperellum* (CUT-B) mostró sensibilidad al tiofanato metílico (Cercobim 70 M°) y presentó tolerancia a los ingredientes activos captan y fluazinam. Por otro lado, quintozeno+thiram evidenció efecto fungistático a la cepa antagonista CUT-B.

Palabras clave: control biológico, enfermedades, patógenos.

In vitro sensitivity of five native strains of *Trichoderma* spp. different fungicides

ABSTRACT

The State of Mexico represents the main producer of ornamentals in Mexico. The production of these crops is affected by the incidence of phytopathogens that affect the yields and the quality of the final product. In the present work, the *in vitro* sensitivity of five native *Trichoderma* spp. strains to the active ingredient of different fungicides (Cercobim 70 M°, Promilo 50 PH°, Captan 50 WP®, Interguzan 30-30°, Shogun 500 FW®) was determined. For this, monosporic cultures of five native strains (SS1-6, SS2-5, TFR3, TA4 and CUT-B) were used. The antagonistic strains evaluated presented a potential for their use in comprehensive management and sustainable in floriculture in the State of Mexico. *Trichoderma tomentosum* (SS1-6) showed *in vitro* sensitivity to benomyl; in the tested doses, it showed tolerance to captan and fluazinam. In the evaluated treatments. *Trichoderma barbatum* (SS2-5), *Trichoderma asperellum* (TFR3) and the *Trichoderma harzianum* strain (TA4) did not show *in vitro* sensitivity. On the other hand, *Trichoderma asperellum* (CUT-B) showed sensitivity to thiophanate methyl (Cercobim 70 M°) and showed tolerance to the active ingredients captan and fluazinam. Whereas, quintozone + thiram showed a fungistatic effect to the antagonist strain CUT-B.

Key words: biological control, diseases, pathogens.

INTRODUCCIÓN

El sector florícola representa una de las industrias más fuertes en diversos países desarrollados y en vías de desarrollo. En México, la horticultura ornamental constituye la actividad agrícola de mayor rentabilidad económica en el sector agrícola en comparación con otros cultivos de interés (Ramírez y Avitia 2017). El Estado de México se reconoce como el principal productor de ornamentales en el país. Entre los cultivos más sembrados como flor de corte se encuentran el cultivo de *Rosa* sp., y el crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) (SIAVI 2019); sin embargo, la producción de estos cultivos se encuentra afectada por la incidencia de fitopatógenos que reducen los rendimientos y la calidad del producto final. *Rosellinia necatrix* Prill (= *Dematophora necatrix* (Hart.) Berl.), *Verticillium dahliae* Kleb., y *Botrytis cinerea* Pers., constituyen los principales agentes patógenos que ocasionan las enfermedades como la pudrición blanca de la raíz, la marchitez de la planta y el moho gris de la flor, respectivamente, en el cultivo de *Rosa* sp.; mientras que, *Puccinia horiana* Henn, agente causal de la roya blanca representa una de las enfermedades más devastadoras en crisantemo (García-Velasco et al. 2012, 2017).

La aplicación de fungicidas sintéticos se plantea como el método de manejo utilizado para el control de estas enfermedades fungosas (García-Velasco et al. 2017, Alonso et al. 2018). Entre los ingredientes activos más utilizados para el manejo de fitopatógenos del suelo se encuentran: tiofanato metílico, thiram, benomilo, captan, quintozeno y fluazinam (Franco y Orrego 2013). El uso de agroquímicos resulta costoso y causa serios efectos medioambientales que a su vez contribuye a una crisis en la preservación de los ecosistemas en los recursos naturales; en la salud de las comunidades rurales y de los consumidores (Pérez-Moreno et al. 2015, Castillo et al. 2017). Por lo tanto, buscar soluciones más amigables con el medio ambiente constituye una necesidad para el control de enfermedades en la floricultura. Por ello, en el desarrollo sostenible de la agricultura, la utilización de microorganismos para el manejo de plagas y enfermedades constituye una alternativa viable para asegurar la producción de los cultivos de una forma sana y segura (Companioni et al. 2019).

Trichoderma se considera como uno de los antagonistas de hongos fitopatógenos más utilizado en la agricultura moderna sustentable (Pineda-Insuasti et al. 2017); aunque, la capacidad antagonista de *Trichoderma* es altamente variable (Pineda-Insuasti et al. 2017). Según Mihuta y Rowe (1986) de 255 aislamientos obtenidos de diferentes lugares, sólo 15% de ellos, fue efectivo en el control de *Rhizoctonia*. En este mismo sentido, Arcia (1995) planteó que las cepas nativas de un lugar son más efectivas que las importadas. Por ello, el éxito en la formulación y comercialización de biopreparados fúngicos mediante la industria biotecnológica para su aplicación en la agricultura requiere de estudios previos en la selección de aislamientos promisorios para el control (Pineda-Insuasti et al. 2017).

En este sentido, varios autores plantean que la utilización combinada de fungicidas según la dosis mínima recomendada por el fabricante y el uso de aislados de *Trichoderma* spp., representa una estrategia sostenible que permite la reducción del uso de estos plaguicidas (Khirallah et al. 2016, Castillo et al. 2017, Pérez-Rodríguez et al. 2019), mostraron que la sensibilidad de *Trichoderma harzianum* a varios fungicidas podía variar en dependencia de la concentración y los ingredientes activos. Por otra parte, Barakat y Almasri (2017) demostraron la compatibilidad de *T. harzianum* con fungicidas tolerantes a nivel *in vitro*, *ex vitro* y en campo.

En trabajos previos Alonso (2018) y García-Velasco et al. (2021 a y b) aislaron, identificaron y determinaron el efecto antagónico de cepas nativas de *Trichoderma* spp., contra los hongos fitopatógenos mencionados con anterioridad. Estas cepas mostraron ser promisorias para su utilización en el control biológico de enfermedades fungosas en el cultivo de *Rosa* sp. en la región sur del Estado de México. El objetivo del presente trabajo consistió en determinar la sensibilidad *in vitro* de cinco cepas nativas de *Trichoderma* spp., al ingrediente activo de diferentes fungicidas utilizados en la región sur del Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cepas nativas *Trichoderma* spp.

En la experimentación se utilizaron cultivos monosporicos de las cepas nativas siguientes: 1) *Trichoderma tomentosum* (SS1-6); 2) *Trichoderma barbatum* (SS2-5); 3) *Trichoderma asperellum* (TFR3); 4) *Trichoderma harzianum* (TA4); y la cepa antagonica *Trichoderma asperellum* (CUT-B). Las mismas se aislaron e identificaron en investigaciones anteriores por Alonso (2018) y García-Velasco *et al.* (2021a). Todas las cepas nativas antagonicas descritas se encontraban conservadas en trigo (*Triticum* spp.) entre 6 y 8 °C en el laboratorio. Para su activación, se sembraron en el medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA, Bioxon®). Se colocó un grano de trigo (*Triticum* spp.), con la finalidad de activar el crecimiento y desarrollo del hongo antagonista. Cada una de las siembras se mantuvieron en una incubadora (LINDBERG/BLUEM®) a temperatura de 24 °C ± 1 °C. Posterior de siete días del proceso de incubación y crecimiento de los hongos antagonistas se procedió a realizar los ensayos de sensibilidad *in vitro* de las cepas de *Trichoderma* spp., a los diferentes fungicidas considerados en el estudio.

Sensibilidad *in vitro* de las cepas nativas al ingrediente activo de diferentes fungicidas

Para el desarrollo del bioensayo de sensibilidad *in vitro* de las cepas antagonicas se procedió a la preparación del medio de cultivo PDA. Después del proceso de esterilización del PDA, este se mantuvo a la temperatura de 50 °C; y de forma separada se le adicionaron las dosis de los ingredientes activos de los diferentes fungicidas a probar. Las dosis evaluadas de los ingredientes activos (i. a.) de los fungicidas correspondieron a la dosis mínima recomendada por el fabricante del producto comercial en su etiqueta. A continuación, se desglosan los tratamientos en la experimentación que correspondieron a las dosis de i. a. de los diferentes fungicidas probados en las cepas nativas de *Trichoderma* spp.

Tratamientos evaluados:

Tiofanato metílico: 0,42 g L⁻¹ de i. a. (Cercobim 70 M®).

Benomilo: 0,15 g L⁻¹ de i. a. (Promilo 50 PH®).

Captan: 1 g L⁻¹ de i. a. (Captan 50 WP®).

Quintozeno+thiram: 0,75 g L⁻¹ de i. a. (Interguzan 30-30®).

Fluazinam: 0,25 mL L⁻¹ de i. a. (Shogun 500 FW®).

Después de la adición de las dosis mencionadas de los fungicidas en el medio de cultivo PDA, estas se agitaron con el apoyo de un termo agitador orbital (Thermo Scientific®) hasta disolver de forma homogénea. Seguido, se vaciaron en las cajas de Petri y se procedió a la siembra de forma separada, de las cepas antagonicas. La siembra se procedió de la siguiente manera: se tomaron discos de micelio de 8 mm de diámetro próximos a la periferia de la colonia crecida en placas de Petri con medio de cultivo PDA como se describió. Luego de la siembra de las cepas de *Trichoderma* spp. se incubaron según las condiciones mencionadas. Los tratamientos evaluados se conformaron donde cada cepa de *Trichoderma* spp., fue evaluado con los cinco fungicidas descritos. Cada uno con su respectivo testigo. El medio de cultivo PDA sin presencia de fungicidas; pero sembrado e incubado con las diferentes cepas de *Trichoderma* spp., se utilizaron como tratamiento testigo en toda la experimentación. Cada tratamiento incluyó catorce repeticiones.

Variables evaluadas

En cada tratamiento se determinó el crecimiento micelial de los hongos antagonistas. Para esto, cuando al menos una repetición del testigo de cada cepa nativa de *Trichoderma* alcanzó crecimiento del 100 % en la caja de Petri se señalaron todos los tratamientos con un marcador indeleble de punto fino bajo un contador de colonias (Felisa®) a contra luz para verificar el margen del crecimiento; y evitar errores en el trazado. Posterior a ello, se tomaron fotografías y se determinó el área de crecimiento micelial con el programa Imagen J (Versión 1.43).

Determinación del efecto fungicida o fungistático de los ingredientes activos de los diferentes fungicidas en la experimentación

Las cepas antagonicas que no presentaron crecimiento micelial durante la siembra en el medio de cultivo PDA con presencia de los ingredientes activos de los fungicidas descritos, se les determinó el efecto fungicida o fungistático que estos presentaron a las cepas de *Trichoderma* spp. en estudio. Para ello se realizaron cortes circulares de 8 mm de diámetro en los discos del micelio del antagonista que fueron sembrados en los diferentes tratamientos; y se transfirieron a cajas de Petri estéril que contenían medio

de cultivo PDA, pero sin presencia de fungicidas. Luego se mantuvieron en una incubadora (LINDBERG/BLUEM®) a una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Donde se observó la presencia o ausencia de crecimiento micelial del hongo antagonista.

Diseño experimental y análisis estadístico

En toda la experimentación se utilizó un diseño completo al azar, con cinco tratamientos, correspondientes a las cepas de *Trichoderma* spp. (SS1-6, SS2-5, TFR3, TA4 y CUT-B) y catorce repeticiones. Los datos se analizaron por cepa nativa y fungicida probado y la variable crecimiento micelial analizada con el programa *InfoStat* versión 2020 (Di Rienzo et al. 2020), por medio de un ANOVA de una vía y las medias comparadas por Tukey ($p>0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sensibilidad *in vitro* de las cepas nativas al ingrediente activo de diferentes fungicidas

En los tratamientos testigo, los resultados mostraron que todas las cepas probadas de *Trichoderma* spp. (SS1-6, SS2-5, TFR3, TA4 y CUT-B) alcanzaron rápido crecimiento micelial después de la siembra en medio de cultivo PDA sin presencia de fungicidas. A los tres días después del proceso de siembra e incubación, las cepas TA4 y la CUT-B lograron su máximo crecimiento, con marcadas diferencias significativas al resto de las cepas antagonistas (SS1-6, SS2-5 y TFR3) (Figura 1).

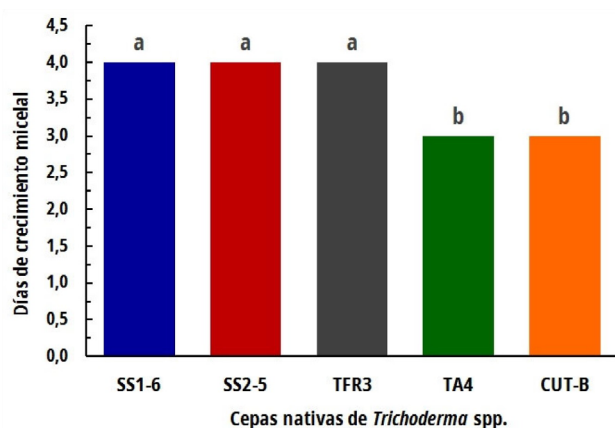


Figura 1. Crecimiento micelial de las cepas nativas de *Trichoderma* spp., después de la siembra en el medio de cultivo PDA sin presencia de fungicidas. Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p\leq 0,05$).

Sensibilidad *in vitro* de *Trichoderma tomentosum*

El crecimiento micelial de *T. tomentosum* (SS1-6) mostró diferencias significativas marcadas en los tratamientos que contenían medio de cultivo agar papa dextrosa con presencia de fungicidas, respecto al testigo ($56,24\text{ cm}^2$). Los menores valores del área de crecimiento micelial del antagonista se observaron en los tratamientos que contenían en el medio de cultivo la presencia de tiofanato metílico ($0,21\text{ cm}^2$) y en los tratamientos con presencia de benomilo; y quintozeno+thiram donde el crecimiento micelial fue ausente. Los resultados indican la sensibilidad *in vitro* de la cepa nativa SS1-6 al benomilo (Promilo 50 PH®); y a quintozeno+thiram (Interguzan 30-30®). En estos tratamientos el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del hongo fue del 100% (Cuadro 1). Cuando se determinó el efecto fungicida o fungistático de estos ingredientes activos (tiofanato metílico, benomilo y quitozeno+thiram) a *T. tomentosum* (SS1-6) se observó que el antagonista retomó su crecimiento micelial *in vitro*, a los cuatro días después de la siembra e incubación en el tratamiento de quitozeno+thiram. En razón de ello, se consideró que quitozeno+thiram tiene efecto fungistático a *T. tomentosum* (SS1); mientras que el benomilo se comportó como fungicida a esta cepa antagonista (Figura 2). Por otra parte, en los tratamientos con presencia de captan y fluazinam, el antagonista mostró crecimiento micelial de $3,42\text{ cm}^2$ y $6,23\text{ cm}^2$, respectivamente. Donde en el crecimiento micelial de *T. tomentosum* se observaron porcentajes de inhibición de 93,91% y 88,92%, de forma respectiva. Lo cual indica que *T. tomentosum* (SS1-6) toleró la presencia de estos fungicidas en las dosis evaluadas en la experimentación.

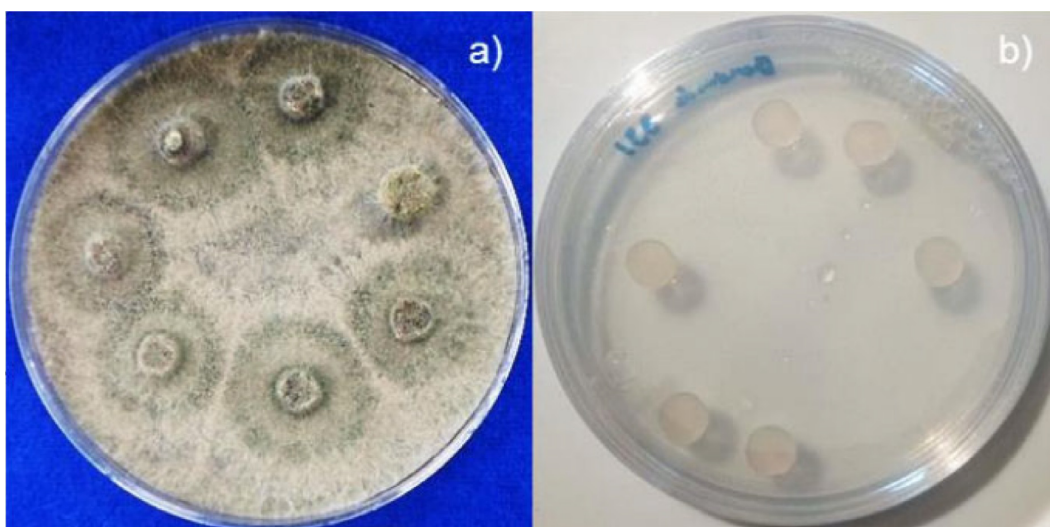
Sensibilidad *in vitro* de *Trichoderma barbatum*

La cepa nativa *T. barbatum* (SS2-5) no mostró sensibilidad *in vitro* en los tratamientos con presencia de fungicidas, con marcadas diferencias significativas con relación al tratamiento testigo ($45,05\text{ cm}^2$). Por otra parte, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con presencia de fungicidas en el medio de cultivo. En los tratamientos con presencia de tiofanato metílico; benomilo; captan; quitozeno+thiram; captan y fluazinam se observaron áreas de crecimiento micelial de $0,13\text{ cm}^2$; $0,07\text{ cm}^2$; $0,53\text{ cm}^2$; $0,30\text{ cm}^2$; y $0,59\text{ cm}^2$, respectivamente; aunque, el antagonista mostró mayor tolerancia en

Cuadro 1. Crecimiento micelial *in vitro* de *Trichoderma tomentosum* (SS1-6) en el medio de cultivo PDA con presencia de fungicidas.

Tratamientos	Crecimiento micelial del antagonista (cm ²)		Porcentaje de inhibición (%)	Efecto fungicida o fungistático
Tiofanato metílico	0,21	d	99,62	No aplica
Benomilo	0,00	d	100,00	Fungicida
Captan	3,42	b c	93,91	No aplica
Quintozeno+Thiram	0,00	d	100,00	Fungistático
Fluazinam	6,23	b	88,92	No aplica
Testigo	56,24	a	-	No aplica

Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

**Figura 2.** Efecto fungicida o fungistático a *Trichoderma tomentosum* (SS1-6), en medio PDA, en ausencia de fungicidas, de los ingredientes activos de: a) quintozeno + thiram; b) benomilo.

los tratamientos con presencia de captan y fluazinam; en los cuales se apreciaron porcentajes de inhibición de 99,05 y 98,95 %, respectivamente (Cuadro 2).

Sensibilidad *in vitro* de *Trichoderma asperellum*

Trichoderma asperellum (TFR3) alcanzó la mayor área del crecimiento micelial en el testigo (41,3 cm²), con diferencias significativas marcadas en relación al resto de los tratamientos evaluados. El hongo antagonista presentó mayor tolerancia a los ingredientes activos captan y fluazinam, con un porcentaje de inhibición de 98,16 y 98 %, respectivamente (Cuadro 3).

Sensibilidad *in vitro* de *Trichoderma harzianum*

El hongo antagonista *T. harzianum* (TA4) presentó los menores valores de área de crecimiento micelial en los tratamientos con presencia de fungicidas, con marcadas diferencias significativas respecto al testigo (29,53 cm²). En los tratamientos con presencia de tiofanato metílico; benomilo; captan; quintozeno+thiram; captan y fluazinam se observaron áreas de crecimiento micelial de 0,10 cm²; 0,09 cm²; 1,23 cm²; 0,38 cm²; y 1,68 cm², respectivamente; sin diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 2. Crecimiento micelial *in vitro* de *Trichoderma barbatum* (SS2-5) en el medio de cultivo PDA con presencia de fungicidas.

Tratamientos	Crecimiento micelial del antagonista (cm ²)	Porcentaje de inhibición (%)	Efecto fungicida o fungistático
Tiofanato metílico	0,13 b	99,76	No aplica
Benomilo	0,07 b	99,87	No aplica
Captan	0,53 b	99,05	No aplica
Quintozeno+Thiram	0,30 b	99,46	No aplica
Fluazinam	0,59 b	98,95	No aplica
Testigo	45,05 a	-	No aplica

Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

Cuadro 3. Crecimiento micelial *in vitro* de *Trichoderma asperellum* (TFR3) en el medio de cultivo PDA con presencia de fungicidas.

Tratamientos	Crecimiento micelial del antagonista (cm ²)	Porcentaje de inhibición (%)	Efecto fungicida o fungistático
Tiofanato metílico	0,04 b	99,92	No aplica
Benomilo	0,13 b	99,76	No aplica
Captan	1,03 b	98,16	No aplica
Quintozeno+Thiram	0,32 b	99,43	No aplica
Fluazinam	1,12 b	98,00	No aplica
Testigo	41,30 a	-	No aplica

Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

Tal comportamiento, indica tolerancia del hongo a los fungicidas probados; aunque, la mayor área de crecimiento micelial se obtuvo en el tratamiento con presencia de fluazinam (Shogun 500 FW®) (1,68 cm²) (Cuadro 4).

Sensibilidad *in vitro* de *Trichoderma asperellum*

T. asperellum (CUT-B) mostró sensibilidad *in vitro* a tiofanato metílico (Cercobim 70 M®) y quintozeno+thiram (Interguzan 30-30®). Ambos tratamientos presentaron 100 % de inhibición del crecimiento micelial del antagonista, con marcadas diferencias significativas a los demás tratamientos. En los tratamientos con presencia de captan y fluazinam se obtuvieron valores en esta misma variable de 1,19 cm² y 0,59 cm², respectivamente y con diferencias significativas al comparar con el resto

de los tratamientos. La inhibición del crecimiento micelial fue de 97,88 % en el tratamiento con presencia de captan y 98,95 % con fluacinam. Lo anterior indicó que la cepa *T. asperellum* (CUT-B) presentó tolerancia a captan y fluazinam (Cuadro 5); sin embargo, cuando se determinó el efecto fungicida o fungistático de los ingredientes activos con tiofanato metílico y quintozeno+thiram a *T. asperellum* (CUT-B) se observó que el antagonista retomó su crecimiento micelial a los nueve días en el tratamiento de quintozeno+thiram. Por lo que se determinó que quintozeno+thiram presentó efecto fungistático a *T. asperellum* (CUT-B). No se observó crecimiento micelial del hongo en el tratamiento de tiofanato metílico. Por lo que se planteó que tiofanato metílico presentó efecto fungicida a la cepa antagonista probada (Figura 3).

Cuadro 4. Crecimiento micelial *in vitro* de *Trichoderma harzianum* (TA4) en el medio de cultivo PDA con presencia de fungicidas.

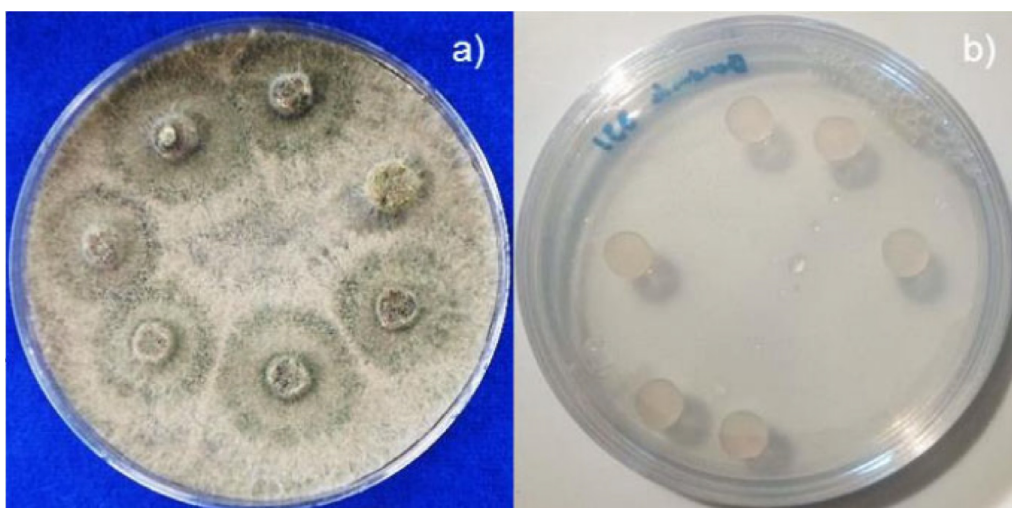
Tratamientos	Crecimiento micelial del antagonista (cm ²)	Porcentaje de inhibición (%)	Efecto fungicida o fungistático
Tiofanato metílico	0,10 c	99,82	No aplica
Benomilo	0,09 c	99,83	No aplica
Captan	1,23 b	98,95	No aplica
Quintozeno+Thiram	0,38 c	99,32	No aplica
Fluazinam	1,68 b	97,81	No aplica
Testigo	29,53 a	-	No aplica

Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

Cuadro 5. Crecimiento micelial *in vitro* de *Trichoderma asperellum* (CUT-B) en el medio de cultivo PDA con presencia de fungicidas.

Tratamientos	Crecimiento micelial del antagonista (cm ²)	Porcentaje de inhibición (%)	Efecto fungicida o fungistático
Tiofanato metílico	0,00 d	100,00	Fungicida
Benomilo	0,09 d	99,83	No aplica
Captan	1,19 b	97,88	No aplica
Quintozeno+Thiram	0,00 d	100,00	Fungistático
Fluazinam	0,59 c	98,95	No aplica
Testigo	56,24 a	-	No aplica

Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

**Figura 3.** Efecto fungicida o fungistático a *Trichoderma tasperellum* (CUT-B), en medio PDA, en ausencia de fungicidas, de los ingredientes activos de: a) quintozeno + thiram; b) tiofanato metílico.

Al realizar la comparación de la respuesta de sensibilidad de las cepas antagonistas a los diferentes fungicidas probados se plantea lo siguiente (Cuadro 6). En el tratamiento con tiofanato metílico no se encontraron diferencias estadísticas entre las cepas nativas de *Trichoderma* spp.; sin embargo, cuando se determinó el efecto fungicida o fungistático del mismo a *T. asperellum* (CUT-B) se observó que el antagonista no retomó su crecimiento micelial (Figura 3). Lo que indicó el efecto fungicida en la cepa *T. asperellum* (CUT-B), considerándose sensible al tiofanato metílico. El resto de las cepas estudiadas fueron tolerantes a tiofanato metílico. Mientras que *T. tomentosum* (SS1) fue el antagonista que

mostró sensibilidad a benomilo. Por otra parte, en el tratamiento con presencia de captan en el medio de cultivo de PDA se observó que todas las cepas probadas no mostraron sensibilidad. Por otro lado, *T. tomentosum* (SS1) y *T. asperellum* (Cut-B) no presentaron crecimiento micelial en el tratamiento con quintozeno + thiram; sin embargo, ambos microorganismos lo recuperaron; razón por la cual se determinó que el quintozeno + thiram, presentó un efecto fungistático en estas cepas antagonistas. Por tanto, todas las cepas estudiadas presentaron tolerancia a la dosis probada. Por último, se pudo comprobar que todos los antagonistas toleraron la presencia de fluazinam, en la dosis evaluada.

Cuadro 3. Respuesta de sensibilidad de las cepas antagonistas estudiadas en el medio de cultivo PDA con presencia de fungicidas.

Fungicidas	Cepas nativas	Crecimiento micelial del antagonista (cm ²)	Efecto fungicida o fungistático
Tiofanato metílico	<i>T. tomentosum</i> (SS1-6)	0,21 a	No aplica
	<i>T. barbatum</i> (SS2-5)	0,13 a	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (TFR3)	0,04 a	No aplica
	<i>T. harzianum</i> (TA4)	0,10 a	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (CUT-B)	0,00 a	Fungicida
Benomilo	<i>T. tomentosum</i> (SS1-6)	0,00 b	Fungicida
	<i>T. barbatum</i> (SS2-5)	0,07 a b	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (TFR3)	0,13 a	No aplica
	<i>T. harzianum</i> (TA4)	0,09 a b	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (CUT-B)	0,09 a b	No aplica
Captan	<i>T. tomentosum</i> (SS1-6)	3,42 a	No aplica
	<i>T. barbatum</i> (SS2-5)	0,53 c	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (TFR3)	1,03 b	No aplica
	<i>T. harzianum</i> (TA4)	1,23 b	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (CUT-B)	1,19 b	No aplica
Quintozeno+thiram	<i>T. tomentosum</i> (SS1-6)	0,00 b	Fungistático
	<i>T. barbatum</i> (SS2-5)	0,30 a	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (TFR3)	0,32 a	No aplica
	<i>T. harzianum</i> (TA4)	0,38 a	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (CUT-B)	0,00 c	Fungistático
Fluazinam	<i>T. tomentosum</i> (SS1-6)	6,23 a	No aplica
	<i>T. barbatum</i> (SS2-5)	0,59 a	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (TFR3)	1,12 b c	No aplica
	<i>T. harzianum</i> (TA4)	1,68 b	No aplica
	<i>T. asperellum</i> (CUT-B)	0,59 c	No aplica

Medias con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

Por todo lo anterior se resume que las cinco cepas antagonistas de *Trichoderma* spp. estudiadas en la presente investigación presentaron potencial para su utilización en un manejo integral y sustentable de la floricultura en el Estado de México. En estudios previos realizados por Alonso (2018) y García-Velasco *et al.* (2021 a y b); las cepas nativas *T. tomentosum* (SS1-6), *T. barbatum* (SS2-5), *T. asperellum* (TFR3), *T. harzianum* (TA4), y *T. asperellum* (CUT-B) fueron probadas aisladas, caracterizadas e identificadas; y se determinaron sus mecanismos de acción contra los hongos patógenos *Rosellinia necatrix* Prill, *Verticillium dahliae* Kleb. y *Botrytis cinerea* Pers. Por otra parte, García-Velasco *et al.* (2021a) demostraron que las cepas antagonistas *T. tomentosum* (SS1-6) y *T. barbatum* (SS2-5) mostraron ser promisorias para su utilización en el control biológico de *Rosellinia necatrix*, en el cultivo de *Rosa* sp., en la región sur del Estado de México.

En la literatura se encuentran alrededor de 355 especies del género de *Trichoderma* (Kirk *et al.* 2019); sin embargo, las más utilizadas como agentes de control biológico se limitan a *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. viridae*, *T. reesei* y *T. koningii* (Martínez *et al.* 2013, Pineda-Insuasti *et al.* 2017, Duarte-Leal *et al.* 2018). Como se aprecia *T. tomentosum* y *T. barbatum* no se encuentran dentro de este grupo. Por lo cual los resultados obtenidos en esta investigación aunados a los trabajos de Alonso *et al.* (2018) y Martínez-Tapia *et al.* (2019) contribuyen al conocimiento de estas especies. Por otro lado, los resultados obtenidos demostraron que las cepas antagonistas *T. tomentosum* (SS1-6), *T. barbatum* (SS2-5), *T. asperellum* (TFR3), *T. harzianum* (TA4) y *T. asperellum* (CUT-B) presentaron tolerancia a captan y fluazinam, a las dosis probadas (1 g L⁻¹ de i. a. de Captan 50 WP*, y 0,25 mL L⁻¹ de i. a. de Shogun 500 FW*).

Según los mecanismos de acción, captan reacciona con las enzimas sulfhídricas con producción de tiofosgeno, la cual resultó tóxica para las células del hongo y en paralelo interfiere en el proceso de respiración celular del antagonista. Por lo que inhibe la germinación de las esporas, y dificulta el crecimiento y desarrollo micelial del hongo. Por otra parte, fluazinam actúa como desacoplador de la cadena de transporte de electrones en la fosforilación oxidativa; inhibiendo la producción de ATP.

Como resultado no se genera el gradiente de pH; y por tanto afecta la respiración de las células del hongo (De Liñán 2012).

Ruano-Rosa y López-Herrera (2015) determinaron la compatibilidad de *Trichoderma* spp., al ingrediente activo fluazinam (Shogun 500 FW*). Los cuales plantean que *T. atroviride* tolera a nivel *in vitro* la dosis de 0,001 %. Lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Donde las cepas antagonistas de *Trichoderma* spp., estudiadas evidenciaron tolerancia a nivel *in vitro* al ingrediente activo fluazinam, a la dosis de 0,25 mL L⁻¹ de i. a. Por otra parte, Ruano-Rosa y López-Herrera (2015) observaron efecto inhibitorio en el crecimiento micelial de *R. necatrix*, agente causal de la pudrición blanca del aguacate (*Persea americana* Prill), con la adición conjunta del fungicida y el agente antagonista de control biológico (*T. atroviride*). Peláez-Álvarez *et al.* (2016) plantean que el crecimiento de *T. asperellum* T8A fue inhibido 6 % en dosis de 0,5 g L⁻¹ de Captan 50*, no observando efectos sobre esta cepa a dosis menores del fungicida. De esta manera, la concentración de 0,1 g L⁻¹ de Captan 50* fue co-aplicada *in vitro* con *T. asperellum* T8A, observando inhibición sinérgica del 99 % sobre *C. gloeosporioides* ATCCMYA456.

Para la obtención de colonias puras de *Trichoderma* spp., a partir de muestras de suelo se recomienda un medio de cultivo selectivo que contiene fungicidas. Entre estos se sugiere el captan a la dosis de 0,04 g L⁻¹ i. a., la cual corresponde a una dosis menor que la evaluada en el presente estudio. También sugieren la adición de 0,2 g L⁻¹ i. a. de quintozeno (Askew y Lang 1993), lo cual equivale al 26,7 % de la dosis evaluada. De Liñán (2012) plantea que quintozeno interfiere en la división mitótica de la célula del hongo y causa la lisis de la membrana mitocondrial, por lo que en general causa daño en el crecimiento y desarrollo del hongo.

Por otro lado, en el presente trabajo se observó que las cepas nativas *T. tomentosum* (SS1-6) y *T. asperellum* (CUT-B) mostraron sensibilidad *in vitro* al quintozeno+thiram (Interguzan 30-30*).

De Liñán (2012) y FRAC (2019) plantearon que el thiram constituye un inhibidor de las enzimas de radical metálico y de las enzimas sulfhídricas. El cual interfiere en la respiración celular del hongo y en

la transducción de señales osmóticas, que impiden la germinación de las esporas. Muiño *et al.* (2001), estudiaron el efecto de thiram frente a *Trichoderma* spp., a las dosis de 50 y 10 mg L⁻¹ i. a. Después de 48 horas que montaron el experimento observaron mortalidad de poco menos del 100 % del crecimiento micelial del antagonista; sin embargo, a los cinco días el hongo retomó su crecimiento, considerándolo moderadamente tóxico y compatible.

En la presente experimentación se observó que sólo la cepa nativa *T. tomentosum* (SS1-6) mostró la sensibilidad *in vitro*, en el tratamiento con presencia de benomilo (Promilo 50 PH®). En este sentido, Muiño *et al.* (2001), no observaron crecimiento micelial *in vitro* de *Trichoderma* spp., en las dosis de 50 y 10 mg L⁻¹ i. a. de benomilo. Por lo que consideraron tóxico para el antagonista; sin embargo, en el presente estudio las cepas antagonistas probadas (SS2-5; TFR3; TA4 y CUT-B) mostraron tolerancia al benomilo. Se lograron áreas de crecimiento micelial de 0,07 cm²; 0,13 cm²; 0,09 cm²; 0,09 cm², respectivamente.

En el tratamiento con presencia de tiofanato metílico se alcanzaron valores de crecimiento micelial del antagonista de 0,21 cm² (SS1-5); 0,13 cm² (SS2-6); 0,04 cm² (TFR3); 0,10 cm² en la cepa nativa TA4. Sólo el antagonista CUT-B mostró sensibilidad *in vitro* al tiofanato metílico. Franco y Orrego (2013) demostraron que los aislados A-76 y A-106 de *Trichoderma* spp., fueron compatibles al tiofanato metílico+ thiram, en las dosis de 0,85 g L⁻¹ i. a., donde determinaron valores de crecimiento micelial del hongo de 4 %.

CONCLUSIONES

Las cepas nativas *T. barbatum* (SS2-5), *T. asperellum* (TFR3) y *T. harzianum* (TA4) no mostraron sensibilidad *in vitro* a los diferentes fungicidas probados.

T. tomentosum (SS1-6) mostró sensibilidad al benomilo (Promilo 50 PH®), y *T. asperellum* (CUT-B) al tiofanato metílico (Cercobim 70 M®); ambas cepas antagonistas presentaron tolerancia a captan (Captan 50 WP®) y fluazinam (Shogun 500 FW®).

LITERATURA CITADA

- Alonso, A; López, H; Domínguez, G; García, R. 2018. Actividad antagonista de cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre *Rosellinia necatrix* y *Verticillium dahliae* (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 36 (3): S27-S28. Consultado 11 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3cTQEBt>
- Arcia, A. 1995. Uso de antagonistas en el control de fitopatógenos del suelo. In Control microbial de insectos plagas y enfermedades en cultivos. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA), Barquisimeto, Venezuela. p.185-204.
- Askew, DJ; Lang, MD. 1993. An adapted selective medium for the quantitative isolation of *Trichoderma* species (en línea). Plant Pathology 42 (5): 686-690. Consultado 11 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3vGyOud>
- Barakat, MR; Al-Masri, IM. 2017. Effect of *Trichoderma harzianum* in combination with fungicides in controlling gray mould disease (*Botrytis cinerea*) of strawberry (en línea). American Journal of Plant Sciences 8(4):651-665. Consultado 11 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3H8e2YT>
- Castillo, GC; Pérez, A; Lovato, EA. 2017. Compatibilidad “*in vitro*” de aislados de *Trichoderma* spp. con fungicidas usados normalmente en el control de patógenos de suelo (en línea). Agrotecnia 25: 0328-4077. Consultado 10 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3s5nIEB>
- Companiononi, B; Domínguez, G; García, R. 2019. *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura (en línea). Revista Biotecnología Vegetal 19 (4): 237-248. Consultado 9 de may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3cOvCnD>
- De Liñán, C. 2012. Vademécum de agroquímicos de México. Tecnoagrícola de México 4, 766 p.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2020. InfoStat Software Estadístico (en línea, pág. web). Centro de Transferencia InfoStat. Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/35eBUwK>
- Duarte-Leal, Y; Pozo-Martínez, L; Martínez-Coca, B. 2018. Antagonismo *in vitro* de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente

- a aislados de *Fusarium* spp. (en línea). Revista de Protección Vegetal 33(1):1-10. Consultado 10 dic. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2NzkOkJ>
- FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) Code List. 2019. Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC code numbering) (en línea). Consultado 11 may. 2019 Disponible en <https://bit.ly/3s7341v>
- Franco, OBM; Orrego, FAL. 2013. Compatibilidad *in vitro* de aislados nativos de *Trichoderma* spp. con fungicidas para el tratamiento de semillas (en línea). Investigación Agraria 15(1):15-22. Consultado 10 dic. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3s9tf82>
- García, R; Domínguez, G; Chavarro, EA; Mora, ME. 2017. Pathogenicity of *Verticillium dahliae* klebahn in rootstock rose cv. Manetti (en línea). APS Anual Meeting, August 5-9. San Antonio, Texas. Consultado 9 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2QbDckz>
- García-Velasco, R; Alonso, A; Domínguez, G; Aguilar, S; Mora, ME; Companioni, B. 2021a. Efecto antagónico de cepas nativas de *Trichoderma* spp. contra el hongo fitopatógeno *Rosellinia necatrix* en México (en línea). Agronomía Tropical 71:1-15. Consultado 9 may. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3v788EX>
- García-Velasco, R; Alonso, A; Domínguez, G; Aguilar, S; Mora, M; Companioni, B. 2021b. Antagonismo *in vitro* de cepas nativas de *Trichoderma* spp. contra *Verticillium dahliae* y *Botrytis cinerea* en el Estado de México (en línea). Agronomía Tropical 71:1-12. Consultado 7 nov. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3BBSVgo>
- García-Velasco, R; González-Díaz, JG; Domínguez-Arismendi, G; Ayala-Escobar, V; Aguilar-Medel, S. 2012. *Rosellinia necatrix* en *Rosa* sp. y su evaluación a sensibilidad de fungicidas (en línea). Revista Chapingo Serie Horticultura 18(1): 39-54. Consultado 9 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3rZlGhw>
- Khirallah, W; Moudén, N; Selmaoui, K; Achbani, EL; Benkirane, R; Ouazzani Touhami, A; Douira, A. 2016. Compatibility of *Trichoderma* spp. with some fungicides under *in vitro* conditions (en línea). International Journal of Recent Scientific Research 7 (2): 9060-9067. Consultado 10 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/33GAAT4>
- Kirk, PM; Roskov, Y; Abucay, L; Orrell, T; Nicolson, D; Bourgoin, T; De Wever, A. 2019. Catalogue of life, 2019 Annual Checklist (en línea, pág.web). Catalogue of life. Consultado 11 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3h0bm58>
- Martínez, B; Infante, D; Reyes, Y. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en cultivos (en línea). Protección vegetal 28(1):1-11. Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3s4d8pE>
- Martínez-Tapia, V; Dominguez, AG; Bravo, LL; García, VR. 2019. Efectividad de *Trichoderma* spp. contra *Puccinia horiana* y estimulación de crecimiento en crisantemo (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología 37: 29. Consultado 9 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/36wfbmbx>
- Mihuta-Grimm, L; Rowe, C. 1986. *Trichoderma* spp. as biocontrol agents of *Rhizoctonia dampingoff* of radish in organic soil and comparison of four delivery systems (en línea). Phytopathology 76 (3): 306-312. Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3lD30Sr>
- Muiño, LB; Sáenz, M; Stefanova, M; Porras, Á; Díaz, I. 2001. Compatibilidad de *Trichoderma* spp. con plaguicidas y fertilizantes en el cultivo del tabaco (en línea). Fitosanidad 5(2):3-9. Consultado 10 dic. 2019. Disponible en <https://bit.ly/36uO0Tc>
- Peláez-Álvarez, A; Santos-Villalobos, S; Yépez, EA; Parra-Cota, FI; Reyes- Rodríguez, RT. 2016. Efecto sinérgico de *Trichoderma asperellum* T8A y captan 50® contra *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(6):1401-1412. Consultado 9 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3JHbe6F>
- Pérez-Moreno, L; Belmonte-Vargas, JR; Núñez-Palenius, HG; Guzmán-Mendoza, R; Mendoza-Celedón, B. 2015. Sensibilidad *in vitro* de dos especies de *Sclerotinia* spp. y *Sclerotium cepivorum* a agentes de control biológico y fungicidas. (en línea) Revista Mexicana de Fitopatología 33(2):256-267. Consultado 10 dic. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3LTqlqq>

- Pérez-Rodríguez, LR; Pérez-Moreno, L; Guzmán-Mendoza, R; Sanzón-Gómez, D; Belmonte-Vargas, JR. 2019. Sensibilidad *in vitro* de hongos fitopatógenos causantes de enfermedades en fresa a controladores biológicos y fungicidas, en el estado de Guanajuato, México (en línea). Acta universitaria 29: e2339. Consultado 9 may. 2021. Disponible en <https://bit.ly/3H9q7gD>
- Pineda-Insuasti, JA; Benavides-Sotelo, EN; Duarte-Trujillo, AS; Burgos-Rada, CA; Soto-Arroyave, CP; Pineda-Soto, CA; Fierro-Ramos, FJ; Mora-Muñoz, ES; Álvarez-Ramos, SE. 2017. Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp: una revisión(en línea). ICIDCA 51(1): 47-52. Consultado 18 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/31290ui>
- Ramírez, JJ; Avitia-Rodríguez, JA. 2017. Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales (en línea). Revista de Economía, XXXIV (88): 99-122. Consultado 18 oct. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3BBaTzP>
- Ruano-Rosa, D; López-Herrera, CJ. 2015. Adecuación de la dosis mínima efectiva del fungicida fluzinam para su uso combinado con *Trichoderma atroviride* en el control de la podredumbre blanca del aguacate. VIII Congreso Mundial de la Planta, 165-169.
- SIAMI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet, México). 2019. Sistema de información arancelaria vía internet (en línea, pág. web). Consultado 9 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3vMXzFi>

Nota Técnica

Caracterización biométrica de frutos y semillas de *Leucaena* en germoplasma de la Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela

Guillermo Romero-Marcano^{1*} , Ramón Silva-Acuña² 

¹Universidad de Oriente (UDO), Departamento de Nutrición Animal y Forrajes, Escuela de Zootecnia, *Campus* Los Guaritos; Núcleo Monagas. Venezuela. ²Universidad de Oriente (UDO), Postgrado de Agricultura Tropical, *Campus* Juanico, Núcleo Monagas. Venezuela. *correo electrónico: guillermo.ro80@gmail.com.

RESUMEN

En virtud de la adecuada adaptación de *Leucaena* a la zona agroecológica en el municipio Maturín y potencialidad de uso forrajero de la especie, la presente investigación tiene por objetivo realizar la descripción organométrica de sus frutos y semillas. El ensayo se condujo en el *Campus* “Los Guaritos” de la Universidad de Oriente, ubicado en Maturín, en lotes de la especie formados por dispersión natural. De los árboles existentes en etapa de fructificación, se seleccionaron aleatoriamente 18 plantas, se determinó la altura del árbol y el diámetro del tallo, paralelamente, se tomaron al azar 20 frutos maduros por árbol, cuantificando la longitud total y ancho central y de su interior se determinó el número de semillas por fruto y, la masa en gramos de 100 semillas. Los valores de las variables cuantificadas fueron analizados por estadística descriptiva y análisis de correlación de Pearson a 5 % de probabilidad. En promedio, la altura de los árboles fue de 12,14 m y el diámetro del tallo aproximadamente 8,95 cm. Se constató que los frutos *L. leucocephala* var. Cunningham presentan valores de longitud y ancho comprendidos entre los rangos señalados para la especie; mientras que, el intervalo de confianza de semillas por fruto es alto y la masa en g.100⁻¹ semillas es baja cuando comparada con los rangos de referencia de la especie. Se detectó correlación positiva y significativa entre la longitud y ancho del fruto con el contenido de semillas por fruto.

Palabras clave: *Leucaena leucocephala* var. Cunningham, caracterización de frutos, semillas.

Biometric characterization of *Leucaena* fruits and seeds in germplasm from the Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela

ABSTRACT

By virtue of the adequate adaptation of *Leucaena* to the agroecological zone in the Maturín municipality and the potential for forage use of the species, the present investigation aims to carry out the organometric description of its fruits and seeds. The trial was conducted at the “Los Guaritos” *Campus* of the Universidad de Oriente, located in Maturín, in batches of the species formed by natural dispersal. Of the existing trees in the fruiting stage, 18 plants were randomly selected, the height of the tree and the diameter of the stem were determined, in parallel, 20 mature fruits were randomly taken per tree, quantifying the total length and central width and its interior the number of seeds per fruit and the mass in grams of 100 seeds were determined. The values of the quantified variables were analyzed by descriptive statistics and Pearson's correlation analysis at 5 % probability. On average, the height of the trees was 12.14 m and the diameter of the stem was approximately 8.95 cm. It was found that the fruits *Leucaena leucocephala* var. Cunningham present values of length and width comprised between the ranges indicated for the species; while, the confidence interval of seeds per fruit is high and the mass in g.100⁻¹ seeds is low when compared with the reference ranges of the species. A positive and significant correlation was detected between the length and width of the fruit with the content of seeds per fruit.

Key words: *Leucaena leucocephala* var. Cunningham, fruits characterization, seeds.

Recibido: 05/01/2021 - Aprobado: 22/03/2021

INTRODUCCIÓN

Leucaena leucocephala (Lam) de Wit, var. Cunningham es una especie arbórea perteneciente a las Leguminosas, originaria de Centroamérica, entre las latitudes 12° y 20° N, ampliamente distribuida en áreas de clima tropical y subtropical (Piñate 2011); figura entre las especies de mayor difusión, catalogada incluso como planta invasora (Lowe et al. 2004). Es un arbusto de raíces profundas y resistentes a la sequía, adaptada a distintas regiones, se desarrolla bien en zonas con precipitaciones entre 500-3.000 mm, crece en una amplia diversidad de suelos, a excepción de los muy anegados o ácidos (Pachas 2011).

Entre los usos de esta especie, se pueden mencionar: forraje para ganado, ya que esta leguminosa presenta bondades nutricionales con altos niveles de proteína cruda entre 12-25 %, 30 % de rendimiento en materia seca y digestibilidad promedio de 65-85 % y además, sus hojas son ricas en calcio y fósforo (Gaviria et al. 2015); interés agrosilvícola, por producir madera de calidad para construcciones y la producción de papel, leña y carbón; y el uso de su follaje como sombrío y barrera de protección en cultivos perennes (cafetales) (Wencomo y Lugo 2013).

Sus flores y sus frutos son de gran utilidad comercial, tanto para la apicultura industrial, como para obtención de tintas; de sus semillas, se obtiene goma y materias base para artesanías (Navas y Barragán 2002); las hojas, flores y frutos también son forraje para el ganado, mezclados con pasto (García et al. 2008). Esta especie prácticamente florea y fructifica todo el año, aunque entre mayo y junio la floración es más abundante (Herrero-Borgoñón 2007). Los frutos se producen en enormes cantidades, son legumbres o vainas alargadas, rectas, planas, de color pardo oscuro brillante, con dehiscencia longitudinal (Shelton y Brewbaker 1994). Las semillas son ovoides, aplanadas y presentan coloración café (Hughes 1998), estas representan el embrión que dará origen a una nueva planta (Molist et al. 2011).

Aunque esta especie posee un particular aminoácido denominado mimosina, que puede afectar el consumo voluntario y la ganancia de peso del animal, provoca alopecia y aumento de la glándula tiroides (La O et al. 2003, González 2020), resulta incuestionable el potencial alimenticio de esta arbustiva

tropical en las diversas especies de interés zootécnico –bovinos de carne y de leche, cerdos, pollos de engorde y conejos– e incluso en humanos; su valor nutritivo está en hojas y tallos finos y representa una alternativa sostenible en la preparación de núcleos proteicos de origen foliar (Rodríguez y Valero 2002, Martínez et al. 2019).

Bajo el enfoque agronómico, es fundamental la caracterización de frutos y semillas de la especie, visto su protagonismo de arranque en programas de reforestación; asimismo, permite la planificación de la colecta de frutos y obtención de semillas suficientes para la producción masiva de plántulas (Álvarez 1999); bajo el principio de que el fruto además de proteger la semilla, también ayuda en su dispersión, bien sea de forma activa o pasiva (Willan 1991).

El cultivo de la especie puede establecerse mediante semilla o material vegetativo. Cuando se utiliza el proceso por semilla –sexual– puede ser obtenida de programas de mejoramiento genético o de la misma planta –regeneración natural–, ya que esta especie produce abundante cantidad de semilla. Cuando se utiliza la propagación vegetativa, se puede hacer por brotes o retoños, también se pueden utilizar estacas; aunque, este método presenta lento crecimiento y baja sobrevivencia de plántulas (González 2020). En el caso de realizar viveros, trasplantar cuando tengan una altura entre 30-50 cm y así evitar daños en sus raíces. Se recomienda para bancos de proteína distanciamiento entre surcos de 60-75 cm y para pastoreo distancias de 1,5 a 1,6 m, con cortes a intervalos de 6 a 8 semanas (Solorio y Solorio 2008).

Los planes de difusión de las principales especies arbustivas forrajeras, entre ellas *L. leucocephala*, requieren del procesamiento adecuado de frutos y semillas, donde tradicionalmente todas las labores inherentes –cosecha, selección y reproducción del material– son realizadas de manera manual (Gómez et al. 2002), lo que implica limitaciones relacionadas con precisión, tiempo de clasificación y número de personas requeridas para procesar volúmenes considerables de frutos (Moreno et al. 2012).

L. leucocephala var. Cunningham existente en el Campus Los Guaritos, proviene de introducciones realizadas a Venezuela procedentes de Centroamérica, a la cual hasta el presente momento no se habían caracterizado sus frutos, en relación a

otras especies de este mismo género. En virtud de su potencial dispersión, por su adaptabilidad en la zona agroecológica del municipio Maturín, por su uso particular en programas de reforestamiento, así como también para la alimentación animal, y de considerar que los lotes de *Leucaena* ubicados en la Universidad de Oriente, *Campus* “Los Guaritos” podrían potencialmente convertirse en productores de semillas para nuevas plantaciones; con base en estos argumentos, se efectuó la presente investigación con el objetivo de realizar la caracterización biométrica de los frutos y semillas de *L. l* var. Cunningham.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo, localización y procesamiento de muestras

El ensayo se realizó dentro del *Campus* “Los Guaritos” de la Universidad de Oriente, ubicado en la ciudad de Maturín, estado Monagas, con coordenadas geográficas 09° 43' 56" LN y 63° 08' 59" LO, altitud 65 m, precipitación anual 1.271 mm y temperatura promedio de 26,81 °C (Climate-Data 2020). La variedad Cunningham procedente del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) fue introducida en 1960, por el Profesor Marcial González –catedrático en Forrajicultura de la Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente– y desde ese momento, se han dispersado de manera natural, en el *Campus* universitario, representando una formación natural.

De los árboles de *L. l* var. Cunningham existentes en las áreas verdes del *Campus*, en etapa de fructificación, se seleccionaron aleatoriamente 18 plantas para efectuar la caracterización. En cada árbol se midió la altura total (m) mediante un clinómetro y el perímetro del tallo (cm) a 50 cm de altura en relación al suelo, utilizando una cinta flexible. De cada árbol se seleccionaron al azar 20 frutos maduros, colocados en bolsas de papel debidamente identificadas y llevados al Laboratorio de Nutrición Animal, dentro del mismo *Campus*, para su posterior procesamiento.

Variables cuantificadas en frutos y semillas

Las variables medidas en el fruto correspondieron a longitud total (cm) –entre polos– y ancho central (cm) –ecuatorial– se determinaron con un vernier electrónico digital Mitutoyo Absolute Digimatic; por

conteo directo, se determinó el número de semillas por fruto, y la masa de 100 semillas expresada en gramos), en balanza OHAUS Adventurer SL AS214. Las semillas contenidas en cada fruto seleccionado se colocaron en crisoles previamente pesados, se llevaron a estufa de ventilación forzada MENMERT, Western Germany, a 65 °C, hasta obtener peso seco constante; de manera similar, se utilizó para el pesaje una balanza electrónica marca OHAUS Adventurer SL AS214, y posteriormente se realizó la equivalencia de unidades (g) para 100 semillas.

Análisis estadístico

Los datos cuantificados en frutos y semillas fueron analizados mediante estadística descriptiva referidos a valores promedios ($\bar{X}$); varianza (σ^2), coeficiente de variación (CV %) e intervalo de confianza (IC) a 5 % de probabilidad; adicionalmente por el análisis de correlación de Pearson a 5 % de probabilidad, se determinó el grado de asociación entre todas las variables cuantificadas. Los procedimientos estadísticos fueron realizados en el Programa Infostat versión 2019 (Di Rienzo *et al.* 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general, en los ejemplares seleccionados de *L. leucocephala* var. Cunningham se obtuvo una altura promedio por árbol de 12,14 m, mientras que el perímetro promedio del tallo fue 56,23 cm, lo que equivale a 8,95 cm de diámetro promedio del tallo, a 50 cm de altura en relación al suelo. De acuerdo con Sánchez (1996), CATIE (1997) y Solorio y Solorio (2008) la especie *L. leucocephala* es un árbol grande que pueden alcanzar alturas de planta y diámetros de tallo máximos de entre 15 y 20 m y entre 15 y 40 cm, respectivamente, valores límite que incluyen los promedios biométricos reportados en esta investigación.

Caracterización biométrica de los frutos

En el Cuadro 1 se presenta la estadística descriptiva obtenida para las características del fruto de *L. l* var. Cunningham, donde se observa que la longitud promedio del fruto fue 17,54 cm y el ancho promedio 2,15 cm, con intervalos de confianza (IC) de $0,22 \pm 17,54$ y $0,04 \pm 2,15$, inferiores a 0,3 cm en ambas variables, con coeficientes de variación (CV) de 11,68 y 16,02 % respectivamente; resultados que muestran

alta homogeneidad en los datos procesados (Patel *et al.* 2001) y validan la estabilidad genética de *L. l* var. Cunningham establecida en la Universidad de Oriente (Cornelius y Ugarte 2010).

En la literatura consultada, la longitud y ancho del fruto varían en relación a la especie evaluada. Yapu (2014) en un estudio de caracterización de especies forestales en Mollesnejta, Bolivia, encontró para la especie *L. leucocephala*, un rango de longitud del fruto entre 10 y 20 cm y de ancho entre 1,5 y 3 cm, de manera análoga, Sánchez (2012) en la provincia española de Murcia, constató un rango de longitud de 11 a 25 cm y ancho de 1,2 a 2,3 cm; sin embargo, Velásquez (1998) en el catálogo de especies forestales del bosque seco en Ecuador, reporta para la misma especie, un rango menor de longitud del fruto, entre 5 y 6 cm. Los valores obtenidos en esta investigación coinciden en los rangos reportados por Yapu (2014) y Sánchez (2012) y discrepan de los obtenidos por Velásquez (1998). Esta discrepancia podría estar vinculada a que se trate de otra especie del género o bajo las condiciones edafoclimáticas del bosque seco, es posible que la especie no desarrolle normalmente sus frutos.

Otros resultados experimentales de caracterización de los frutos en cuanto a longitud del legumbre, son señalados por Borrero y Martínez (2017) en el Valle del Cauca, los autores describen frutos de 15 cm de longitud, mientras que Penayo *et al.* (2005) los relatan de 23,66 cm, en relación con los resultados obtenidos en esta investigación, este último valor resultó superior y por otro lado, los hallazgos de Borrero y Martínez (2017) resultan inferiores a la medida promedio de longitud obtenida.

Cuadro 1. Valores promedios ($\bar{X}$); varianza (σ^2), intervalo de confianza (IC) y coeficiente de variación (CV %) para las características longitud y ancho del fruto (cm) de *L. leucocephala* var. Cunningham.

Variable	Estadísticas descriptivas			
	$\bar{X}$	σ^2	IC†	CV %
Longitud	17,54	4,19	0,22±17,54	11,68
Ancho	2,15	0,12	0,04±2,15	16,02

†= Intervalo de confianza a 5 % de probabilidad

Caracterización biométrica de las semillas

En cuanto a las características de la semilla, los valores obtenidos en la estadística descriptiva se muestran en el Cuadro 2, donde destaca que el contenido de semillas por fruto fue de 22,92; con IC de $0,38 \pm 22,92$ y CV de 11,31 %; mientras que el peso de 100 semillas fue de 5,15 g, con IC de $0,16 \pm 5,15$ y CV de 15,88 %. Al igual que en las variables del fruto, los valores cuantificados en semillas también reflejan alta homogeneidad (<20 %), lo que consolida la uniformidad del germoplasma estudiado, en relación a su patrimonio genético.

En la literatura citada existe amplio rango de valores en el contenido de semillas por fruto. Sánchez (2012) encontró rangos entre 15 y 30 semillas por fruto; mientras que Yapu (2014) encontró contenidos en fruto desde 6 hasta 25 semillas. Ambos rangos incluyen el promedio de semillas por fruto obtenido en este estudio. Por su parte, Penayo *et al.* (2005) encontraron un promedio de 20 semillas por vaina, contenido que está por debajo del valor promedio reportado en este trabajo; sin embargo, obtuvo masa de 100 semillas superiores a 6,7 g.

Grado de asociación entre las variables

Al ser realizado el análisis de correlación de Pearson a 5 % de probabilidad para las variables, longitud del fruto (LF), ancho de las vainas (AV), número de semillas (NS) y el peso de 100 semillas (PS) se detectó que las variables del fruto (LF y AV) no están correlacionadas significativamente entre sí ($r_{LF-AV} = 0,26^{ns}$); de manera similar, el peso de la semilla (PS) tampoco se correlacionó significativamente con el resto de las variables ($r_{LF-PS} = 0,12^{ns}$; $r_{AV-PS} = 0,22^{ns}$ y $r_{NS-PS} = 0,11^{ns}$);

Cuadro 2. Valores promedios ($\bar{X}$); varianza (σ^2), intervalo de confianza (IC) y coeficiente de variación (CV %) para el número de semillas por fruto y masa (g) de 100 semillas de *L. leucocephala* var. Cunningham.

Variable	Estadísticas descriptivas			
	$\bar{X}$	σ^2	IC†	CV %
N. semillas.fruto ⁻¹	22,92	6,72	0,38±22,92	11,31
Masa 100 semillas	5,15	0,67	0,16±5,15	15,88

†= Intervalo de confianza a 5 % de probabilidad

sin embargo, se obtuvo correlaciones positivas y significativas para ambas variables del fruto (LF y AV) con relación al número de semillas del fruto (NS) ($r_{LF-NS} = 0,59^*$ y $r_{AV-NS} = 0,34^*$). Estas últimas correlaciones positivas y significativas, desde el punto de vista biológico explican que en la especie *L. l. var.* Cunningham, a mayor tamaño y ancho de las legumbres mayor número de semillas, estas características externas pueden facilitar el tratamiento computarizado para selección de frutos (Firatligil-Durmus *et al.* 2010, Moreno *et al.* 2012) orientada a la obtención de mayor cantidad de semillas por cosecha, tributando hacia la producción masiva local de esta versátil especie forrajera.

Los hallazgos de esta investigación relatan de manera contundente la uniformidad genética del material introducido a la Universidad de Oriente procedente del IICA; además, también consolidan que los frutos y semillas de esta accesión por sus características de homogeneidad en las variables cuantificadas, podrían volverse promisorias para la formación de bancos de proteína en las explotaciones ganaderas de la región.

CONCLUSIONES

Los frutos en los ejemplares de *L. leucocephala var.* Cunningham, presentan valores de longitud y ancho comprendidos entre los rangos señalados para la especie.

El intervalo de confianza para el número de semillas por fruto es más amplio en esta especie ($22,54 \leq \mu \leq 23,30$); mientras que, la masa en $g \cdot 100^{-1}$ semillas es más estrecho ($4,99 \leq \mu \leq 5,31$) cuando comparados con los rangos de referencia de la especie tipo de *Leucaena*.

Existe correlación positiva significativa entre la longitud y ancho del fruto con el contenido de semillas, en esta especie.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, M. 1999. Caracterización de frutos y semillas de *Cedrela odorata* L., *Tabebuia rosea*, *Alnus acuminata* y *Cupressus lusitánica*. II Simposio sobre avances en la producción de semillas forestales en América Latina. IICA CATIE. San José, Costa Rica. 63 p.
- Borrero, V; Martínez, F. 2017. Árboles del campus de la Universidad del Valle (en línea). 42 p. Consultado 22 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3pxCyM5>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 1997. Manejo de Semillas de 100 especies Forestales de América Latina (en línea). 220 p. Consultado 14 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/359bGZm>
- Climate-Data. 2020. Datos climáticos Monagas (pág. web, en línea). In Climate-Data.org, Alemania. Consultado 10 ene. 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3elkoCO>.
- Cornelius, J; Ugarte, J. 2010. Introducción a la Genética y Domesticación Forestal para la Agroforestería y Silvicultura. Centro mundial para la agroforestería (ICRAF). Lima, Perú. 124 p.
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; González, L; Tablada, M; Robledo, C. 2019. INFOSTAT versión 2014. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Cordova. Argentina (en línea). Consultado 22 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3csJmF8>
- Firatligil-Durmus, E; Sarka, E; Bubnik, Z; Schejbal, Z; Kadlec, M. 2010. Size properties of legume seeds of different varieties using image analysis. Journal of Food Engineering (99): 445-451.
- Gómez, M; Rodríguez, L; Murgueitio, E; Ríos, C; Méndez, M; Molina, C; Molina, C; Molina, E; Molina, J. 2002. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Tercera edición. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Cali, Colombia. 171p.
- González, K. 2020. Ficha Técnica *Leucaena (Leucaena leucocephala)*. Árbol forrajero. (en línea). Consultado 22 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3uZDh90>
- Herrero-Borgoñon, J. 2007. Dos mimosoideas (Leguminosae) nuevas para la flora castellonense. Flora montiberica 37: 26-28.
- Hughes, C. 1998. Monograph of *Leucaena* (Leguminosae – Mimosoidae). Monographs in Systematic Botany 55: 1-224.
- La O, O; Chongo, B; Fortes, D; Scull, I; Ruiz, T. 2003. Características químicas de diferentes ecotipos de *Leucaena leucocephala*, según la época del año. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 37 (2): 193-199.

- Lowe, S; Browne, M; Boudjelas S; De Poorter, M. 2004. 100 of the world's worst invasive alien species (en línea). A selection from the global invasive species Database. Invasive species specialist Group, Species Survival Commission, IUCN. Auckland. 11 p. Consultado 14 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2RGLetI>
- Martínez-Hernández, P; Cortés-Díaz E; Purroy-Vásquez R; Palma-García J; Del pozo-Rodríguez P; Vite-Cristóbal C. 2019. *Leucaena leucocephala* (LAM.) De Wit especie clave para una producción bovina sostenible en el trópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22: 331-357.
- Molist, P; Pombal, M; Megias, M. 2011. Órganos vegetales. Atlas de histología vegetal y animal. Facultad de Biología. Universidad de Vigo. España (en línea). Consultado 14 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/350DA>
- Moreno, A; Ballesteros, D; Sánchez, G. 2012. Un prototipo mecánico para la automatización del proceso de selección del mango tipo exportación. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 11(21):151-160.
- Navas, G; Barragán, C. 2002. Caracterización y usos potenciales de especies vegetales de un bosque de galería secundario Municipio de Fuente de Oro, Meta. Ed. Guadalupe Ltda. - Bogotá, D.C. Colombia. 36 p.
- Pachas, N. 2011. *Leucaena*, un arbolito que se las trae (en línea). *Producir XXI* 19 (238):20-24. 3 p. Consultado 10 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3iwPlg9>
- Patel, J; Patel, N; Shiyani, R. 2001. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. *Current Science*. 81(9):1163-1164.
- Penayo, K; Ayala, L; Valinotti, P. 2005. Superación de latencia, viabilidad y caracterización física de semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Investigación Agraria* 7 (1): 25 – 31.
- Piñate, P. 2011. Levante y engorde de ganado con *Leucaena* (en línea). Consultado 14 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3pxtrLc>
- Rodríguez, J; Valero, Y. 2002. Importancia nutricional de *Leucaena leucocephala* en la producción animal. In Tejos, R; García, W; Zambrano, C; Mancilla, L; Valbuena, N. (eds.) *Memorias del VIII Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal*. UNELLEZ – Barinas. p. 1 – 13.
- Sánchez, J. 2012. *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Ficha descriptiva. Ayuntamiento de Murcia. Concejalía de Medio ambiente. Murcia, España. 2 p.
- Sánchez, M. 1996. Comportamiento y selección de leñosas perennes con potencial silvopastoril en el magdalena medio. *Especies forestales del valle*. CVC. y Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional JICA. Lerner Ltda. 340 p.
- Shelton, H; Brewbaker, J. 1994. *Leucaena leucocephala* – The most widely used forage tree legume. In Gutteridge, R; Shelton, H. (eds). *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK. 123 p.
- Solorio, F; Solorio, B. 2008. Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. Fundación PRODUCE (en línea). Michoacán, México. 48 p. Consultado 22 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3x3FzfZ>
- García, D; Wencomo, H; González, M; Medina, M; Cova, L; Spengler, I. 2008. Evaluación de diecinueve ecotipos de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit basada en la calidad nutritiva del forraje. *Zootecnia Tropical* 26(1):9-18.
- Velásquez, M. 1998. Identificación, fenología, usos y clasificación de los árboles y arbustos del bosque seco de Guápala. Tesis de grado previa a la obtención de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Facultad de Ciencias Agrícolas. Loja, Ecuador. 114 p.
- Virgüez, G; Chacón, E. 1997. Especies arbóreas y arbustivas de potencial forrajero del arido y semi-árido de Venezuela. *Gaceta de Ciencias Veterinarias* 3(1):15-34.
- Wencomo, H; Lugo, J. 2013. Rendimiento de materia seca y otros componentes en *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con el uso del Liplant. *Pastos y Forrajes* 36(1): 43-49.
- Willan, R. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. FAO – DANIDA (en línea). Consultado 20 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2RA3UEC>
- Yapu, G. 2014. Descripción de frutos y semillas recolectados en Mollesnejta, Bolivia (en línea). Consultado 14 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3v6iv8k>

IN MEMORIAM



Maximiano Figueroa Rivero

1924 - 2021

Maximiano Figueroa, nació en Aguasay, estado Monagas, el 15 de diciembre de 1924. Falleció en Maracay, el 19 de marzo de 2021. Se graduó de Maestro en la normal Pedro Arnal de Cumaná, estado Sucre. Comenzó sus estudios de Agronomía en la década de los años 50, continuó sus estudios en Piracicaba, estado de Sao Paulo, Brasil, hasta 1957. Retornó al país y se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV) en Maracay el año 1958. Formó una gran familia junto a su esposa Marietta†, tuvo cuatro hijos: Max, Omar†, Marina† y Manuel.

Entre sus virtudes estuvo la formación de cuadros o equipos de investigación en diversas especies de frutales en el Centro de Investigaciones Agrícolas (CIA) y Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Maracay, Venezuela. Es así como fue responsable de la orientación y formación de los Investigadores Gladys Castellano (Zulia), Isabel Montilla (Lara), Eusebio Solórzano (Miranda), Eduardo Delgado (Barinas), Francisco Salcedo y Adolfo Cañizales (Monagas), Omar Chaurán (Anzoátegui). Así mismo, creó y dirigió el Departamento de Frutales del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), integrado por los Investigadores: Edmundo Monteverde y Fernando Reyes† en Cítricos, Luis Avilán† en Suelo y Fertilidad, Osca Haddad† y Gilberto Sarga† en Musáceas, Manuel Wagner en Riego, Gastón Laborem† en Fisiología, con la estrecha colaboración de Nancy Boscán† en Entomología y Amado Rondón en Fitopatología. Entre sus innumerables logros, estuvo la orientación y organización de cuadros de Técnicos Medios, dedicado a apoyar las actividades de investigación en el CENIAP, a saber: Pascual Aguirre, Luis Rangel, José Ruiz, Máximo Espinosa, Hernán Rodríguez, Eward Manzanilla, Margot Rodríguez y Rafael Pargas.

Maximiano Figueroa fue un forjador de talentos jóvenes en diferentes disciplinas que permitieron atacar los verdaderos problemas o “cuellos de botella”, que afectaban los frutales en el país. También dedicó junto al Profesor Diego Serpa† buena parte de sus vidas a enseñar y difundir las adecuadas prácticas agronómicas en frutales tropicales.

IN MEMORIAM

En cuanto a su disciplina de trabajo estuvo realizar, durante muchos años, un reconocimiento por diversas zonas frutícolas del país, para recolectar germoplasma de los principales frutales, tales como: aguacate, mango, cítricos, níspero, guanábana, merey, entre otros. De igual modo, contribuyó al desarrollo y expansión de esos rubros al propagarlos en las diferentes Estaciones Experimentales del FONAIAP, que actualmente se denominan Centros de Investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), es así como logró dar a conocer en el país las variedades más importantes de mango y aguacate.

También a Figueroa se le reconoce, además de la formación de sólidos cuadros de Investigación, por la expansión de la fruticultura tropical mediante numerosas charlas y cursos a profesionales del agro, productores, estudiantes y público en general. Recuerdo como si fuera hoy, aquellos encuentros con productores en Maraval, estado Sucre, donde los salones quedaban pequeños por la gran cantidad de personas que querían oír al Maestro. Es oportuno resaltar que el trabajo realizado durante años y los probados conocimientos en las diversas especies de frutales le confieren a Maximiano un especial reconocimiento como el “Padre de la Fruticultura en Venezuela”.

Quiero despedir este homenaje póstumo al hombre que dedicó toda su vida a la búsqueda del conocimiento y la resolución de la problemática de los frutales en Venezuela, expresando que sus enseñanzas permanecen vigentes y han contribuido al desarrollo de la fruticultura nacional... vaya para usted querido Maestro, un vuelo bien alto y que la luz eterna ilumine por siempre vuestro camino. Descanse en paz.

Amado Rondón Garnier 

Investigador

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)

Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Venezuela.

amado.rondon.g@gmail.com

IN MEMORIAM



Oscar Haddad García

1936 - 2021

Nacido en Caracas el 05 de mayo de 1936, descendiente de padre libanés y madre venezolana, Oscar Haddad García, el “Turquito”, como lo apodaron con afecto sus amigos, fue el cuarto de cinco hermanos, creciendo en el seno de una familia sencilla con grandes valores humanos y principios éticos.

Realizó sus estudios de secundaria en el Liceo Fermín Toro y en el Liceo Independencia, de Caracas. En 1964 obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, núcleo Maracay, y posteriormente realizó sus estudios de postgrado en Estadística en esta misma institución. Su trayectoria profesional la compartió entre la docencia, que le apasionaba, y el ejercicio profesional como Investigador V en el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), hoy Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Fue un destacado docente en las cátedras de Fruticultura y Técnicas de Muestreo Estadístico en el Pregrado y Postgrado, respectivamente, de la Facultad de Agronomía (UCV). Ocupó diversos cargos entre los cuales se pueden destacar el de Sub-Director del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), miembro consultor de INIBAP (Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano), Asesor del Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA) del Ministerio de Agricultura y Cría, Coordinador de la Comisión Nacional para el Estudio, Prevención y Control de la Sigatoka Negra, desde 1987 hasta 1991, con la cual se realizaron más de 48 cursos a nivel nacional, dirigidos a productores y técnicos, sobre temas relacionados al manejo integrado de la Sigatoka Negra, antes de que ingresara al país, y del manejo agronómico de los cultivos de musáceas. En el marco de esta comisión, el Profesor Haddad logró multiplicar y distribuir, en todos los estados del país, uno de los clones resistentes a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), disponible en el Banco Nacional de Germoplasma de Musáceas, del cual fue su fundador, el ‘Topocho Pelipita’ (*Musa*, ABB), también llamado ‘Topocho Plátano’. Aunque desconocida para muchos, esta acción tuvo un importante impacto social,

IN MEMORIAM

ya que permitió que las familias campesinas venezolanas tuvieran a disposición una musácea alternativa para su alimentación, luego del ingreso de la Sigatoka Negra al país en 1991.

Como investigador, durante las décadas de los años 70, 80 y 90 realizó numerosas actividades científicas, inicialmente en el cultivo de Parchita Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), del cual publicó un libro en 1975 junto a Miguel Millán, y posteriormente se dedicó principalmente a los cultivos de musáceas. Creó el Banco de Germoplasma de Musáceas, basado en colectas nacionales, cuya descripción quedó plasmada en el libro “Los Bananos en Venezuela, Estudio y descripción de clones de Plátano y Cambur” (1974), escrito junto a Orangel Borges, una excelente obra que obtuvo el premio de la Fundación Servicio Shell para el agricultor al mejor trabajo de investigación. Fue autor y coautor de numerosas e importantes publicaciones en revistas científicas y divulgativas, así como de varios libros y manuales y trabajos presentados en eventos nacionales e internacionales.

Pionero en la coordinación de trabajos de investigación en epidemiología de la enfermedad Sigatoka Amarilla (*Mycosphaerella muscicola*), estudios comparativos de clones de Plátano Hartón Enano (*Musa*, AAB), bajo condiciones de riego y en evaluaciones del banano Giant Cavendish (*Musa*, AAA), en el estado Aragua, con fines de exportación. Junto con la Doctora Eva de García de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, también realizó investigaciones con herramientas biotecnológicas en búsqueda de materiales resistentes a Sigatoka, habiendo obtenido exitosamente el cultivar de Banano Cien BTA-O. En el Ámbito Internacional, en distintas oportunidades fue invitado como representante de Venezuela a dictar ponencias y participar en Cursos, Seminarios y Proyectos de los siguientes Organismos: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA), Comunidad Andina de Naciones y Organización de Países Exportadores de Bananos (OPEB), entre otros.

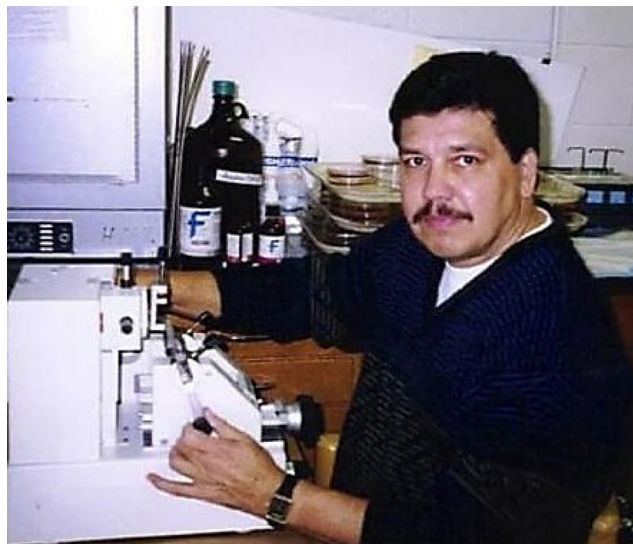
Hoy el “Turquito Haddad” deja una profunda huella en el ámbito de las ciencias agrícolas, en especial en lo referente a germoplasma, sanidad, riego, nutrición y manejo agronómico de las musáceas, no solo en nuestro país sino en países de Latinoamérica y del Caribe, siendo visibles sus huellas no solo en sus publicaciones, marco de referencia obligatoria para los estudiosos de la materia, sino en los numerosos discípulos que dejó tras de sí.

Falleció en la ciudad de Maracay, el 13 de Marzo de 2021.

Rómulo Del Valle 

Profesor Jubilado.
Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, Venezuela.
rvalle30@gmail.com

IN MEMORIAM



Asdrúbal José Díaz Quintana

1949 - 2021

Lo menos que podríamos haber pensado, era escribir sobre la trayectoria de un compañero recientemente fallecido del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas –INIA–; colega y amigo ante muchas vicisitudes; sin embargo, no evadiremos el escenario. La sensación de vacío que quedó después de su partida es mucho más magnánima que el espacio físico que ocupaba. Personas como él, dejan huella en el desempeño de sus funciones técnicas y de relaciones interpersonales con su entorno institucional y familiar. Su legado y trayectoria serán indelebles para sus amigos e instituciones donde tuvo la oportunidad de prestar sus servicios profesionales.

Asdrúbal José Díaz Quintana, nació en Barquisimeto, Lara, Venezuela, en 1949; allí realizó sus estudios primarios y secundarios; luego se traslada a Jusepín, estado Monagas, donde, en la Universidad de Oriente –UDO–, Núcleo Monagas, realiza sus estudios universitarios y obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en 1976; posteriormente, sobre sus estudios académicos, concluye la maestría en Fitopatología en la Universidad Federal de Viçosa, Brasil en 1985, y el Doctorado lo realiza en la Universidad de Mississippi en los Estados Unidos de Norte América, finalizándolo en el año 2000.

Desde su época de estudiante universitario de pregrado, Asdrúbal desempeño funciones docentes como preparador en la Cátedra de Fisiología Vegetal de la UDO y como Auxiliar de la Cátedra de Fisiología Vegetal del Instituto Universitario Pedagógico de Maturín. De su trayectoria profesional, lo que más le apasionaba era la labor de docente, habiendo sido muy prolífica su actividad académica en diversas instituciones universitarias, dentro de las cuales se incluyen: la Escuela Técnica Experimental de Agricultura de Aragua de Barcelona, el Instituto Universitario de Tecnología “Antonio José de Sucre”, el Instituto Universitario de Tecnología “Jacinto Vallenilla” en Carúpano, la Universidad Politécnica Territorial del Norte de Monagas “Ludovico Silva” en Caripito, Monagas y la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente, actualmente en Maturín, *Campus* Los Guaritos, como profesor de Fitopatología Aplicada.

IN MEMORIAM

Desde su ingreso al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias –FONAIAP–, hoy Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, específicamente, en el actual Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Sucre, en 1977, dedicó su labor de investigación en el área de Fitopatología, atendiendo los cultivos de cocotero y cacao, lo cual compatibilizó con su labor de Director de la Estación Experimental Irapa. A partir de 1985 es trasladado al INIA Monagas, donde asume el liderazgo en la investigación en la nascente experiencia del cultivo de palma aceitera, fungiendo como Coordinador de la Comisión Técnica de Palma Aceitera; Jefe Programa Nacional de Oleaginosas Perennes; Jefe del Laboratorio de Protección Vegetal del INIA Monagas en Maturín; Coordinador Internacional del Subprograma Oleaginosas Comestibles IICA-Prociandino y Responsable del Convenio FONAIAP (Venezuela) y CIRAD (Francia). Entre 2007-2012, Asdrúbal, desempeñó los cargos de Consultor Proyectos Agrícolas PDVSA Agrícola, teniendo como proyecto bandera el desarrollo de plantas de producción de biocombustibles derivados de cultivos oleaginosos y caña de azúcar.

Cómo investigador dejó su huella en la publicación de varios trabajos científicos arbitrados, técnicos y divulgativos; en la formación de profesionales de investigación en cultivos oleaginosos; en la difusión de resultados de sus investigaciones en diferentes eventos de alcance nacional e internacional y en la interacción y asistencia técnica compartida con los productores agrícolas de todo el país. Todas estas labores las realizó con ahínco y mucha perseverancia, con el objetivo de llevar de forma sencilla y practica la innovación agrícola a los productores del campo, sobre todo en palma aceitera, donde estuvo centrada su labor de investigación en el INIA.

Muchos proyectos de vida y de investigación fitopatológica quedaron entre los próximos objetivos de nuestro compañero de trabajo y recordado amigo; vuela alto Asdrúbal, tu labor a pesar de haber sido interrumpida de forma tempestuosa, fue culminada exitosamente como debería ser, descansa en paz.

Ramón Silva-Acuña 

Universidad de Oriente, Postgrado de Agricultura Tropical, *Campus* Juanico, Maturín, Venezuela. Correo electrónico: drmonsilvaa@gmail.com

Renny Barrios-Maestre 

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maturín, Monagas, Venezuela. Correo electrónico: rennybarrios@gmail.com